

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
 ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
 УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ ПРОМИСЛОВОЇ ВЛАСНОСТІ
 (УКРПАТЕНТ)

Україна, МСП 01601, м. Київ-42, вул. Глазунова, 1, тел./факс 494-05-06
 Україна, МСП 04655, м. Київ-53, Львівська площа, 8, тел. 212-50-82, факс 212-34-49

№

1570/01

17" 09 2004

Міністерство освіти і науки України цим засвідчує, що
 додані матеріали є точним відтворенням первісного опису
 формули і креслень заявки № 20040604130 на видачу патенту на
 винахід, поданої 01.06.2004

REC'D 24 SEP 2004

PCT

Назва винаходу:

СПОСІБ ТЕРМОГРАФІЧНОЇ КУСКОВОЇ
 СЕПАРАЦІЇ СИРОВИНИ (ВАРІАНТИ) І
 ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЙОГО ЗДІЙСНЕННЯ
 (ВАРІАНТИ)

Заявники:

ВОЛОШИН В.М., ЗУБКЕВИЧ В.Ю.

Дійсні автори:

Волошин В.М., Зубкевич В.Ю.

**PRIORITY
 DOCUMENT**
 SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
 COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

За дорученням Державного департаменту інтелектуальної власності

А.Красовська

BEST AVAILABLE COPY

СПОСІБ ТЕРМОГРАФІЧНОЇ КУСКОВОЇ СЕПАРАЦІЇ СИРОВИНИ (ВАРІАНТИ) І ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЙОГО ЗДІЙСНЕННЯ (ВАРІАНТИ)

Взаємозалежна група винаходів відноситься до способів і пристроїв кускової сепарації сировини і може бути використана для збагачення руд чорних і кольорових металів, гірничо-хімічної сировини, вторинної сировини і техногенних відходів.

Відомий спосіб термографування для дослідження структури і сторонніх включень у досліджуваному об'єкті. Спосіб полягає в тому, що перед термографуванням об'єкт розігрівається індукційними струмами. Унаслідок цього елементи структури і сторонні об'єкти мають підвищену температуру. За допомогою тепловізора формується профілограма з інформацією про середню температуру об'єкта і генеруються сигнали координатної прив'язки від датчика. На підставі визначення ділянок з перевищенням температури, визначається наявність структурних елементів, а також сторонніх включень в об'єкті. (Тепловизор – дефектоскоп «Статор – 1» М.М. Мирошников, Г.А. Падалко и др.// Оптико-механическая. Промышленность – 1979. -№12- с.17-18).

Недоліком такого способу є неможливість одержання кількісної оцінки структурних елементів і сторонніх включень.

Найбільш близьким технічним рішенням, обраним як прототип, є спосіб термографічної кускової сепарації сировини, що включає поштучну подачу кусків сировини, опромінення їх електромагнітним випромінюванням надвисокої частоти, реєстрацію наведеного випромінювання, визначення наявності корисного компонента, порівняння масової частки корисного компонента в куску з її граничною величиною і по отриманому результату поділ кусків на корисний продукт і порожню породу (АС СРСР № 1570777, МПК ⁵ В 03 В 13/06, БВ № 22, 1990).

Недоліком такого способу є низька вибірковість, тому що кусок сировини опромінюється електромагнітним іонізуючим (гама) випромінюванням інтенсивність, якого при відбиванні від куска пропорційна його усередненої густини, і не дозволяє прямо визначати масу куска і масову частку корисного компонента в ньому. У результаті погіршується якість кускової сепарації, що приводить до засмічення корисного продукту при сортуванні, збільшенню вмісту корисного компонента в хвостах збагачення і підвищенню витрат при подальшій її переробці.

Відомий пристрій для термографування, що забезпечує виявлення порушення структури і наявності сторонніх включень у досліджуваному об'єкті. (Тепловизор–дефектоскоп «Статор – 1» М.М. Мирошников, Г.А. Падалко и др.// Оптико-механическая промышленность – 1979. - №12 - с. 17-18). Пристрій містить у собі установку випромінювання електромагнітного поля надвисокої частоти із системою керування, датчики залишкового випромінювання, обчислювальний пристрій із вхідним інтерфейсом, термограф у вигляді тепловізора з можливістю формування профілограм з інформацією про середню температуру досліджуваного зразка і сигналів координатної прив'язки.

Недоліком такого пристрою є неможливість одержання кількісних показників оцінки порушення структури і сторонніх включень у досліджуваному об'єкті.

Найбільш близьким пристроєм, прийнятим як прототип, є пристрій термографічної кускової сепарації сировини, що містить пристрій дозованої подачі кусків, що складається з прийомного бункера, шнекового живильника з електроприводом, конвеєра з електроприводом, установки електромагнітного випромінювання надвисокої частоти із системою її керування, датчиків наведеного випромінювання, обчислювального

пристрою із вхідним інтерфейсом (АС СРСР №1570777, МПК ⁵ В 03 В 13/06, БВ №22, 1990).

Недоліком такого пристрою є низька вибірковість, тому що інтенсивність випромінювання буде визначатися тільки наявністю корисної складової, але не дає можливість визначити його кількість у куску. У результаті погіршується якість сепарації, що приводить до збільшення зубожіння розмеленої сировини, підвищенню витрат і зниженню ефективності подальшого процесу збагачення в цілому.

В основу групи винаходів поставлена задача удосконалення способу і пристрою кускової сепарації за рахунок створення умов для визначення кількісних показників вмісту корисного компонента у вихідній сировині, обліку геометричних параметрів контрольованих кусків і регламентованого їхнього опромінення енергією надвисокої частоти. Рішення поставленої задачі засноване на тім, що кусок містить корисний компонент і порожню породу, які мають різні електричні, магнітні і теплофізичні властивості, піддають опроміненню електромагнітним полем надвисокої частоти (НВЧ). Частота випромінювання вибирається таким чином, щоб глибина проникнення електромагнітної хвилі була більше, ніж максимальний лінійний розмір куска при максимальному загасанні електромагнітної хвилі, яка залежить від властивостей матеріалу куска. Енергія НВЧ електромагнітного випромінювання, поглинена матеріалом куска, викликає нагрівання компонентів куска до температури обумовленої їх електричними, магнітними і теплофізичними властивостями. При цьому компонент, що має більш високу електропровідність, за той самий проміжок часу буде поглинати енергію НВЧ більше, ніж компонент із більш низькою електропровідністю. У результаті температура нагрівання корисного компонента і порожньої породи, по закінченню НВЧ опромінення, буде різною. Після закінчення дії електромагнітного випромінювання, у плинні деякого часу відбувається передача теплової енергії від більш нагрітого

компонента до менш нагрітого. При цьому характер зміни температури куска буде залежати від масового співвідношення в куску компонентів з різними електричними, магнітними і теплофізичними властивостями. Характер зміни температури куска в часі може реєструється термографічною системою. Термографічна система являє собою пристрій, здатний в реальному масштабі часу перетворювати теплове випромінювання від окремих суміжних ділянок джерела теплового випромінювання у відповідний сигнал, що представляє теплову картину джерела теплового випромінювання, який можна було б вводити в обчислювальний пристрій для наступної обробки. Прикладом термографічної системи може бути тепловізор. При обробці отриманого теплового зображення контрольованого куска він дозволяє визначити співвідношення розподілів компонентів з різними електричними, магнітними і теплофізичними властивостями в обсязі контрольованого куска.

Це забезпечить більш точне визначення властивостей контрольованих кусків, дозволить підвищити ефективність сепарації і подальшого технологічного процесу збагачення і переробки гірничорудної і гірничо-хімічної сировини, вторинної сировини і техногенних відходів.

Перший винахід поставлену задачу вирішує за рахунок того, що спосіб термографічної кускової сепарації сировини, включає поштучну подачу кусків сировини, опромінення їх електромагнітним випромінюванням надвисокої частоти, реєстрацію наведеного випромінювання, визначення наявності корисного компонента, порівняння масової частки корисного компонента в куску з її граничною величиною і по отриманому результаті поділ кусків на корисний продукт і порожню породу.

Відповідно до винаходу, кожен кусок сировини опромінюють електромагнітним випромінюванням надвисокої частоти, потім після припинення опромінення і загасання теплообмінних процесів між

компонентами контрольованого куска фіксують теплову картину контрольованого куска, по який спочатку визначають середню температуру контрольованого куска, а потім визначають масову частку корисного компонента в контрольованому куску по формулі:

$$Q = \frac{(T_U - T_O)c}{U_O c_r - T_U(c_r - c) - T_O c},$$

де:

Q - масова частка корисного компонента в куску (%);

T_U - виміряна стала температура контрольованого куска ($^{\circ}K$);

T_O - температура нагрівання порожньої породи ($^{\circ}K$);

U_O - температура нагрівання корисного компонента ($^{\circ}K$);

c_r - теплоємність корисного компонента ($\frac{Дж}{^{\circ}K \cdot кг}$);

c - теплоємність порожньої породи ($\frac{Дж}{^{\circ}K \cdot кг}$);

і перевіряють умову

$$Q \geq Q_{пор}$$

де:

$Q_{пор}$ - граничне значення масової частки корисного компонента в куску (%),

після чого по отриманому результаті здійснюють сепарацію кусків сировини двома потоками: один зі кусків з вмістом корисного компонента менше граничного значення його масової частки, а інший потік - з кусків з вмістом корисного компонента не менш граничного значення його масової частки.

Рішення задачі першим із групи винаходів засновано на виборчому нагріванні компонентів контрольованого куска електромагнітним полем надвисокої частоти і через деякий час, необхідний для загасання

теплообмінних процесів між компонентами куска, контролі середньої сталої температури куска, що буде пропорційна співвідношенню мас компонентів контрольованого куска. Спосіб може використовуватися для кускової сепарації вихідної сировини з будь-якою структурою фізичних взаємозв'язків компонентів у куску. Спосіб характеризується невисокою швидкістю, обумовленою часом загасання теплообмінних процесів між компонентами куска.

Перший винахід може бути використаний для термографічної кускової сепарації сировини представленої у вигляді кусків визначеного гранулометричного складу з будь-якою структурою фізичних взаємозв'язків фаз компонентів у куску.

Другий винахід поставлену задачу вирішує за рахунок того, що спосіб термографічної кускової сепарації сировини, включає поштучну подачу кусків сировини, опромінення їх електромагнітним випромінюванням надвисокої частоти, реєстрацію наведеного випромінювання, визначення наявності корисного компонента, порівняння масової частки корисного компонента в куску з її граничною величиною і по отриманому результату поділ кусків на корисний продукт і порожню породу.

Відповідно до винаходу, кожен кусок сировини опромінюють електромагнітним випромінюванням надвисокої частоти, а потім після припинення опромінення, до моменту загасання теплообмінних процесів між компонентами куска, фіксують теплову картину куска, по якій визначають його середню температуру, а потім визначають об'ємний коефіцієнт концентрації корисного компонента в куску по формулі:

$$\nu = \frac{2T_c - \frac{U_o \cdot T_o}{T_c} - 2T_o + U_o}{3(U_o - T_o)} ;$$

де

ν - об'ємний коефіцієнт концентрації корисного компонента;

T_c - виміряна середня температура контрольованого куска ($^{\circ}K$),

U_o - температура нагрівання корисного компонента ($^{\circ}K$);

T_o - температура нагрівання порожньої породи ($^{\circ}K$);

і перевіряють умову

$$V > v_{пор} ;$$

де:

$v_{дон}$ - граничне значення об'ємного коефіцієнта концентрації корисного компонента

після чого по отриманому результаті здійснюють сепарацію кусків сировини двома потоками. Один потік з кусків з вмістом корисного компонента менше граничного значення його об'ємного коефіцієнта концентрації корисного компонента, а інший потік з кусків з вмістом корисного компонента не менш граничного значення його об'ємного коефіцієнта концентрації корисного компонента.

Рішення задачі другим із групи винаходів засновано на нагріванні компонентів контрольованого куска електромагнітним полем надвисокої частоти і контролі середньої температури куска в будь-який не нульовий момент часу після припинення впливу на нього електромагнітного поля, що знаходиться в інтервалі часу від моменту припинення впливу електромагнітного поля до моменту загасання теплообмінних процесів між компонентами куска, що буде пропорційна співвідношенню об'ємів компонентів контрольованого куска. Спосіб може використовуватися для кускової сепарації вихідної сировини з однорідною (квазіізотропною) структурою фізичних взаємозв'язків компонент у куску. Швидкодія способу визначається часом нагрівання компонент контрольованого куска в електромагнітному полі надвисокої частоти.

Другий винахід може бути використаний для термографічної кускової сепарації сировини, представленої у вигляді кусків визначеного

гранулометричного складу з однорідною структурою фізичних взаємозв'язків об'ємів компонент у куску.

Третій винахід поставлену задачу вирішує за рахунок того, що спосіб термографічної кускової сепарації сировини включає поштучну подачу кусків сировини, опромінення їх електромагнітним випромінюванням надвисокої частоти, реєстрацію наведеного випромінювання, визначення наявності корисного компонента, порівняння масової частки корисного компонента в куску з її граничною величиною і по отриманому результаті поділ кусків на корисний продукт і порожню породу.

Відповідно до винаходу, кожен кусок сировини опромінюють електромагнітним випромінюванням надвисокої частоти в перебігу часу, обумовленому по виразом:

$$t_n = \frac{\Delta T c_r \rho_r}{f \pi \varepsilon_0 \varepsilon_r E_m^2 \operatorname{tg} \delta_r};$$

де:

t_n - час впливу електромагнітного НВЧ випромінювання на контрольований кусок (секунди);

ΔT - необхідне підвищення температура нагрівання корисного компонента ($^{\circ}K$);

c_r - теплоємність корисного компонента ($\frac{Дж}{^{\circ}K \cdot кг}$);

ρ_r - густина корисного компонента ($\frac{кг}{м^3}$);

f - частота коливань НВЧ електромагнітного поля (Гц);

ε_0 - електрична постійна, рівна $8,8541878 \cdot 10^{-12} \frac{Ф}{м}$;

ε_r - відносна діелектрична проникність корисного компонента;

E_m - напруженість електричного поля НВЧ електромагнітного поля ($\frac{B}{m}$);

$tg\delta_r$ - тангенс діелектричних утрат корисного компонента, а потім після припинення опромінення, до моменту загасання теплообмінних процесів між компонентами куска, фіксують теплову картину куска, по якій визначають середнє перевищення температури нагрівання у полі НВЧ, а потім визначають масову частку корисного компонента в контрольованому куску по формулі:

$$Q = \frac{\rho_r A_e}{\rho_r A_e - \rho A_{e_r}},$$

де:

$A_e = \pi f E_m^2 \varepsilon_0 \varepsilon t g \delta t_H - \Delta T_C \rho c$ - допоміжний параметр порожньої породи;

$A_{e_r} = \pi f E_m^2 \varepsilon_0 \varepsilon_r t g \delta_r t_H - \Delta T_C \rho_r c_r$ - допоміжний параметр корисного компонента;

Q - масова частка корисного компонента в контрольованому куску;

ΔT_C - середнє перевищення температури нагрівання контрольованого куска ($^{\circ}K$);

ρ - густина порожньої породи ($\frac{kg}{m^3}$);

ε - відносна діелектрична проникність порожньої породи;

$tg\delta$ - тангенс діелектричних утрат порожньої породи,

і перевіряється умова:

$$Q > Q_{пор};$$

де:

$Q_{пор}$ - граничне значення масової частки корисного компонента;

після чого по отриманому результату здійснюють сепарацію кусків сировини двома потоками - один з кусків з вмістом корисного компонента менше граничного значення його масової частки, а інший потік - з кусків з вмістом корисного компонента не менш граничного значення його масової частки.

Рішення задачі третім із групи винаходів засновано на нагріванні компонентів контрольованого куска електромагнітним полем надвисокої частоти і контролі середньої температури куска в будь-який не нульовий момент часу після припинення впливу на нього електромагнітного поля, що знаходиться в інтервалі часу від моменту припинення впливу електромагнітного поля до моменту загасання теплообмінних процесів між компонентами куска, що буде пропорційна співвідношенню мас компонентів контрольованого куска. Спосіб може використовуватися для кускової сепарації вихідної сировини з однорідною (квазіізотропною) структурою фізичних взаємозв'язків компонент у куску. Швидкодія способу визначається часом нагрівання компонент контрольованого куска в електромагнітному полі надвисокої частоти.

Третій винахід може бути використаний для термографічної кускової сепарації сировини, яка представлена у вигляді кусків визначеного гранулометричного складу з однорідною структурою фізичних взаємозв'язків фаз компонентів у куску.

Четвертий винахід поставлену задачу вирішує за рахунок того, що спосіб термографічної кускової сепарації сировини включає поштучну подачу кусків сировини, опромінення їх електромагнітним випромінюванням надвисокої частоти, реєстрацію наведеного випромінювання, визначення наявності корисного компонента, порівняння масової частки корисного компонента в куску з її граничною величиною і по отриманому результату поділ кусків на корисний продукт і порожню породу.

Відповідно до винаходу, кожен кусок сировини опромінюють електромагнітним випромінюванням, частоту якого визначають по формулі:

$$f \leq \frac{1}{\pi \cdot X_m \cdot \sqrt{2\varepsilon_0 \varepsilon_r \mu_0 \mu_r (\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \delta_r} + 1)}} \text{ , (Гц)}$$

де:

X_m - максимальний лінійний розмір куска (м);

$\varepsilon_0 = 8,85418782 \cdot 10^{-12}$ - електрична постійна (Ф/м);

ε_r - відносна діелектрична проникність корисного компонента;

$\mu_0 = 1,25663706 \cdot 10^{-6}$ - магнітна постійна (Гн/м);

μ_r - відносна магнітна проникність корисного компонента;

$\operatorname{tg} \delta_r$ - тангенс діелектричних утрат корисного компонента,

а час нагрівання визначають по формулі:

$$t_n = \frac{\Delta T c_r \rho_r}{f \pi \varepsilon_0 \varepsilon_r E_m^2 \operatorname{tg} \delta_r} ; (с)$$

де:

ΔT - необхідне підвищення температури нагрівання корисного компонента (°K);

c_r - питома теплоємність корисного компонента (Дж/°K · кг);

ρ_r - густина корисного компонента (кг/м³);

ε_r - відносна електрична проникність корисного компонента;

E_m - напруженість електромагнітного поля (В/м),

після чого з моменту припинення впливу електромагнітного поля до моменту загасання теплообмінних процесів між компонентами куска неодноразово фіксують теплові картини куска, по яких визначають середні

температури контрольованого куска, а на підставі отриманих даних складають систему рівнянь

$$\begin{cases} T_0 = X_1 + X_2 t_0 + X_3 t_0^2 + X_4 t_0^3 \\ T_1 = X_1 + X_2 t_1 + X_3 t_1^2 + X_4 t_1^3 \\ T_2 = X_1 + X_2 t_2 + X_3 t_2^2 + X_4 t_2^3 \\ T_3 = X_1 + X_2 t_3 + X_3 t_3^2 + X_4 t_3^3 \end{cases}$$

де:

T_0, T_1, T_2, T_3 – середня температура куска, визначена в моменти часу t_0, t_1, t_2, t_3 .

і вирішують її відносно X_1, X_2, X_3, X_4 , після чого визначають коефіцієнт об'ємного заповнення корисного компонента по формулі:

$$K_v = \frac{c\rho(X_3 a c_r \rho_r + 3X_2 k_r)}{c\rho(X_3 a c_r \rho_r + 3X_2 k_r) - 3X_2 c_r \rho_r k},$$

де:

c - теплоємність порожньої породи ($\text{Дж}/^\circ\text{K} \cdot \text{кг}$);

ρ - густина порожньої породи ($\text{кг}/\text{м}^3$);

a - розмір зерна корисного компонента (м).

k_r - коефіцієнт тепловіддачі корисного компонента ($\text{Вт}/^\circ\text{K} \cdot \text{м}^2$);

k - коефіцієнт тепловіддачі порожньої породи ($\text{Вт}/^\circ\text{K} \cdot \text{м}^2$);

і перевіряють умову

$$K_v > K_{v_{\text{пор}}}$$

де:

$K_{v_{\text{пор}}}$ - граничне значення коефіцієнта об'ємного заповнення корисного компонента,

а по отриманому результату здійснюють сепарацію кусків сировини двома потоками - один з кусків з вмістом корисного компонента менше граничного

значення його коефіцієнта об'ємного заповнення корисного компонента, а інший потік з кусків з вмістом корисного компонента не менш граничного значення його коефіцієнта об'ємного заповнення корисного компонента.

Рішення задачі четвертим із групи винаходів засновано на нагріванні компонентів контрольованого куска електромагнітним полем надвисокої частоти і багаторазовому контролі середньої температури куска в будь-якій не співпадаючий момент часу, що знаходяться в інтервалі часу від моменту припинення впливу електромагнітного поля до моменту загасання теплообмінних процесів між компонентами куска. По отриманим даним у результаті багаторазового контролю визначається співвідношення об'ємів фаз компонентів контрольованого куска. Спосіб може використовуватися для кускової сепарації вихідної сировини з будь-якою структурою фізичних взаємозв'язків компонентів у куску. Швидкодія способу визначається часом нагрівання компонентів контрольованого куска в електромагнітному полі і часом багаторазового контролю температури куска.

Четвертий винахід може бути використаний для термографічної кускової сепарації сировини, представленій у вигляді кусків визначеного гранулометричного складу з однорідною і не однорідною структурою фізичних взаємозв'язків об'ємів компонент у куску.

П'ятий винахід поставлену задачу вирішує за рахунок того, що спосіб термографічної кускової сепарації сировини включає поштучну подачу кусків сировини, опромінення їх електромагнітним випромінюванням надвисокої частоти, реєстрацію наведеного випромінювання, визначення наявності корисного компонента, порівняння масової частки корисного компонента в куску з її граничною величиною і по отриманому результаті поділ кусків на корисний продукт і порожню породу.

Відповідно до винаходу, кожен кусок сировини опромінюють електромагнітним випромінюванням надвисокої частоти до нагрівання компонентів куска, а після припинення впливу електромагнітного

випромінювання термографічною системою фіксують температурну картину куска після припинення впливу електромагнітного поля до моменту загасання теплообмінних процесів між компонентами куска, при цьому по отриманій тепловій картині визначають різницю максимальної і мінімальної температури куска, а по різниці максимальної і мінімальної температури і відомому інтервалу часу, від моменту припинення впливу електромагнітного поля надвисокої частоти до моменту реєстрації теплового зображення куска, визначають масову частку корисного компонента в куску, відповідно до формули:

$$Q = \frac{cc_r \ln \left(\frac{U_o - T_o}{\Delta T(t_K)} \right) - \frac{6k_r c t_K}{a \rho_r}}{cc_r \ln \left(\frac{U_o - T_o}{\Delta T(t_K)} \right) + \frac{6(kc_r - k_r c) t_K}{a \rho_r}} ;$$

де:

Q - масова частка корисного компонента в контрольованому куску;

U_o - температура нагрівання корисного компонента ($^{\circ}K$);

T_o - температура нагрівання порожньої породи ($^{\circ}K$);

ρ_r - густина корисного компонента ($\frac{кг}{м^3}$);

c_r - теплоємність корисного компонента ($\frac{Дж}{^{\circ}K \cdot кг}$);

c - теплоємність порожньої породи ($\frac{Дж}{^{\circ}K \cdot кг}$);

k_r - коефіцієнт тепловіддачі корисного компонента ($\frac{Вт}{^{\circ}K \cdot м^2}$);

k - коефіцієнт тепловіддачі порожньої породи ($\frac{Вт}{^{\circ}K \cdot м^2}$);

t_K - інтервалу часу від моменту припинення впливу електромагнітного поля НВЧ до моменту реєстрації теплового зображення (секунда);

a - розмір зерна корисного компонента в контрольованому куску (м);

$\Delta T(t_K)$ – різниця максимальної і мінімальної температури контрольованого куска в момент реєстрації теплового зображення контрольованого куска ($^{\circ}K$),

і перевіряється умова:

$$Q \geq Q_{\text{пор}}$$

де:

$Q_{\text{пор}}$ - граничне значення масової частки корисного компонента, після чого по отриманому результату здійснюють сепарацію кусків сировини двома потоками - один з кусків з вмістом корисного компонента менше граничного значення його масової частки, а інший потік - з кусків з вмістом корисного компонента не менш граничного значення його масової частки.

Рішення задачі п'ятим із групи винаходів засновано на нагріванні компонентів контрольованого куска електромагнітним полем надвисокої частоти і контролі різниці максимальної і мінімальної температур контрольованого куска у фіксований момент часу після припинення впливу на нього електромагнітного поля, що знаходиться в інтервалі часу від моменту припинення впливу електромагнітного поля до моменту загасання теплообмінних процесів між компонентами куска. Отримана різниця температур буде пропорційна співвідношенню мас компонентів контрольованого куска. Спосіб може використовуватися для кускової сепарації вихідної сировини з неоднорідною рівномірно-розподіленою структурою фізичних взаємозв'язків компонентів в обсязі куска. Швидкодія способу визначається часом нагрівання компонент контрольованого куска в електромагнітному полі надвисокої частоти.

П'ятий винахід може бути використаний для термографічної кускової сепарації сировини, представленої у вигляді кусків визначеного

гранулометричного складу з неоднорідною випадково-розподіленою структурою фізичних взаємозв'язків фаз компонентів у куску.

Шостий винахід поставлену задачу вирішує за рахунок того, що пристрій термографічної кускової сепарації сировини містить пристрій дозованої подачі кусків сировини, що складається з прийомного бункера, живильника з електроприводом, конвеєр з електроприводом; установку електромагнітного випромінювання надвисокої частоти із системою керування, датчики наведеного випромінювання й обчислювальний пристрій із вхідним інтерфейсом.

Відповідно до винаходу, пристрій додатково містить камеру нагрівання енергією електромагнітного поля надвисокої частоти, приєднану до установки випромінювання енергії надвисокої частоти, термографічну систему обробки сигналів термодатчиків наведеного теплового випромінювання, систему керування електроприводом живильника, валковий розкладник, систему керування електроприводом конвеєра, світловий вузьконаправлений випромінювач і фотоприймач, датчик положення, причому вихід термографічної системи з'єднаний з першим входом вхідного інтерфейсу, вихід якого з'єднаний через обчислювальний пристрій із входом вихідного інтерфейсу, а другий вихід вихідного інтерфейсу з'єднаний з системою керування електроприводом живильника, третій вихід вихідного інтерфейсу з'єднаний через систему керування установкою надвисокої частоти з її входом, четвертий вихід вихідного інтерфейсу з'єднаний із системою керування електропривода конвеєра, на валу якого встановлений датчик положення, з'єднаний із другим входом вхідного інтерфейсу, причому перший вихід вихідного інтерфейсу через пристрій порівняння, блок тимчасової затримки і формувач імпульсів керування зв'язаний з електропневмоклапаном, установленим з можливістю його взаємодії з розділовим пристроєм подачі в приймач кусків сировини з вмістом

корисного компонента менш граничного і приймач кусків сировини зі вмістом корисного компонента не менш граничного.

Рішення задачі шостим із групи винаходів засноване на:

1. Формуванні одношарового потоку сортуемого кускового матеріалу;
2. Збудженні в потоці теплового випромінювання сортуемого кускового матеріалу за допомогою високоенергетичного електромагнітного поля надвисокої частоти;
3. Контролі в потоці параметрів наведеного теплового випромінювання від кожного куска, на підставі яких визначаються значення параметрів сортування (наприклад, розмір, положення, вага, вміст корисного компонента і т.д.);
4. Формуванні впливу, що сортує, який дозволяє змінювати траєкторію руху контрольованого куска в залежності від результатів порівняння значень параметрів сортування, отриманих у результаті контролю, із заданими граничними значеннями.

Шостий винахід може бути використаний для термографічної кускової сепарації сировини, представленої у вигляді кусків визначеного гранулометричного складу, що представляють собою гетерогенну систему фаз корисного компонента і порожньої породи з неоднорідною випадково-розподіленою структурою фізичних взаємозв'язків компонент у куску.

Сьомий винахід поставлену задачу вирішує за рахунок того, що пристрій термографічної кускової сепарації сировини містить пристрій дозованої подачі кусків, що складається з прийомного бункера, шнекового живильника з електроприводом, конвеєр з електроприводом, установку електромагнітного випромінювання надвисокої частоти із системою її керування, датчики наведеного випромінювання, обчислювальний пристрій із вхідним інтерфейсом.

Відповідно до винаходу, пристрій додатково містить камеру нагрівання енергією електромагнітного поля надвисокої частоти, приєднану через

елемент введення енергії надвисокої частоти до установки випромінювання енергії надвисокої частоти, причому в камері нагрівання розміщений валковий розкладник, що складається з валків з термостійкого діелектрика, між якими розташовані елементи гребінки, що сповільнює, із кроком рівним $1/4$ довжини хвилі електромагнітного випромінювання надвисокої частоти, а вузол вивантаження камери нагрівання енергією надвисокої частоти, постачений уловлювачем енергії надвисокої частоти з чвертьхвильовими відбивними елементами, крім того пристрій містить термографічну систему обробки сигналів, систему керування електроприводом шнекового живильника, систему керування електроприводом конвеєра, світловий вузьконаправлений випромінювач і фотоприймач, а також датчик положення, при цьому вихід термографічної системи з'єднаний з першим входом вхідного інтерфейсу, вихід якого з'єднаний через обчислювальний пристрій із входом вихідного інтерфейсу, другий вихід вихідного інтерфейсу з'єднаний із системою керування електроприводом шнекового живильника, третій вихід вихідного інтерфейсу з'єднаний через систему керування установкою випромінювання енергії надвисокої частоти з її входом, четвертий вихід вихідного інтерфейсу з'єднаний із системою керування електропривода конвеєра, на валу якого встановлений датчик положення, з'єднаний із другим входом вхідного інтерфейсу, при цьому перший вихід вихідного інтерфейсу через пристрій порівняння, блок тимчасової затримки і формувач імпульсів керування зв'язаний з електропневмоклапаном, установленим так, що б забезпечити можливість його взаємодії з розділовим пристроєм подачі в приймач кусків сировини з вмістом корисного компонента менш граничного і приймач кусків сировини з вмістом корисного компонента не менш граничного, а вихід фотоприймача з'єднаний із другим входом пристрою порівняння.

Рішення задачі сьомим із групи винаходів засноване на:

1. Формуванні одношарового потоку сортуємого кускового матеріалу;

2. Інтенсивному і рівномірному порушенні в потоці теплового випромінювання сортуемого кускового матеріалу за допомогою високоенергетичного електромагнітного поля надвисокої частоти;

3. Підвищенні температури нагрівання сортуемого кускового матеріалу за рахунок застосування гребінчатої структури системи, що сповільнює.

4. Контролі в потоці параметрів наведеного теплового випромінювання від кожного куска, на підставі яких визначаються значення параметрів сортування (наприклад, розмір, положення, вага, вміст корисного компонента і т.д.);

5. Формуванні впливу, що сортує, який дозволяє змінювати траєкторію руху контрольованого куска в залежності від результатів порівняння значень параметрів сортування, отриманих у результаті контролю, із заданими граничними значеннями.

Сьомий винахід може бути використаний для термографічної кускової сепарації сировини, представленої у вигляді кусків визначеного гранулометричного складу, з не однорідною випадково-розподіленою структурою фізичних взаємозв'язків компонент у куску.

Винаходи, що заявляються, ілюструються схемами, де:

на Фіг. 1 – представлено схему першого пристрою для термографічної кускової сепарації сировини, його перший приклад реалізації;

на Фіг. 2 – представлено схему першого пристрою для термографічної кускової сепарації сировини, його другий приклад реалізації;

на Фіг. 3 – представлено схему другого пристрою для термографічної кускової сепарації сировини.

на Фіг. 4 – представлено графік зміни в часі температури компонентів при теплообмінному процесі в двохкомпонентному куску з неоднорідним розподілом компонентів по обсязі куска;

на Фіг. 5 – графік зміни в часі різниці температур компонентів при теплообмінному процесі в двохкомпонентному куску з неоднорідним розподілом компонентів по обсязі куска;

на Фіг. 6 – графік залежності коефіцієнта об'ємного заповнення корисного компонента від масової частки корисного компонента в контрольованому куску.

Перший спосіб може бути реалізований на прикладі збагачення вихідної металовміщуючої сировини, руд чорних чи кольорових металів. Заявлений спосіб забезпечує сепарацію вихідної сировини на два потоки: один потік з вмістом корисного компонента вище заданого значення, а інший потік з вмістом корисного компонента нижче заданого значення. Сепарації може піддаватися вихідна сировина, отримана як безпосередньо після обвалення гірничої маси в циклі гірничих робіт при видобутку корисної копалини, так і сировини у вигляді гірничої маси, яка була піддана додатковому дробленню до заданих розмірів середнього куска.

Вихідний потік сировини з дозуючого навантажувального пристрою надходить на конвеєр. Обчислювальний пристрій через вихідний інтерфейс формує сигнал керування пристроєм дозованої подачі куска на стрічку конвеєра і сигнал керування системою керування електропривода конвеєра. Конвеєр подає кусок у зону нагрівання електромагнітним полем НВЧ, де забезпечується по команді обчислювального пристрою необхідна потужність електромагнітного випромінювання.

Довжина хвилі електромагнітного випромінювання в контрольованій речовині визначається по виразу:

$$\lambda = 2\pi X_m, (м) \quad (1) \quad ;$$

де:

λ – довжина хвилі у контрольованій речовині (м);

X_m – глибина проникнення електромагнітної хвилі в речовині (м).

З іншого боку, довжина електромагнітної хвилі в речовині може бути визначена з виразу:

$$(2) \quad \lambda = \frac{V}{f}; (м);$$

де:

V – фазова швидкість електромагнітної хвилі в даній речовині (м/с);

f – частота електромагнітного випромінювання (Гц).

Виходячі з (1) і (2) можна записати:

$$(3) \quad 2\pi X_m = \frac{V}{f};$$

чи, рішивши вираз (3) відносно X_m одержимо:

$$(4) \quad X_m = \frac{V}{2\pi f} (м);$$

Фазова швидкість електромагнітної хвилі в даному середовищі може бути визначена по виразу (Л. А. Бессонов. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле. Издание восьмое, переработанное и дополненное: Москва, «Высшая школа» 1986 р.; стор.167):

$$(5) \quad V = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{\epsilon_0 \epsilon_s \mu_0 \mu_s (\sqrt{1 + \tan^2 \delta_s} + 1)}};$$

де:

ϵ_0 – електрична постійна, рівна $8,8541878 \cdot 10^{-12}$ (Ф/м);

ϵ_s – відносна діелектрична проникність речовини;

μ_0 – магнітна постійна, рівна $1,25663706 \cdot 10^{-6}$ (Гн/м);

μ_s – відносна магнітна проникність речовини;

$\tan \delta_s$ – тангенс діелектричних утрат речовини,

Підставляючи вираз (5) у вираз (4) і виконавши перетворення, одержимо:

$$(6) \quad X_m = \frac{1}{\pi f \sqrt{2\varepsilon_0 \varepsilon_s \mu_0 \mu_s (\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \delta_s} + 1)}} .$$

Вирішивши вираз (6) відносно f одержимо:

$$(7) \quad f = \frac{1}{\pi X_m \sqrt{2\varepsilon_0 \varepsilon_s \mu_0 \mu_s (\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \delta_s} + 1)}} .$$

Вираз (7) представляє частоту електромагнітної хвилі, для якої амплітуда напруженості електричного поля зменшується в 2,71 разів при проходженні хвилею відстані по напрямку поширення в даній речовині рівного X_m .

Частота електромагнітного поля НВЧ повинна бути такою, щоб забезпечити проникнення електромагнітних хвиль НВЧ випромінювання на деяку глибину контрольованого куска і, з обліком (7), може бути визначена з нерівності:

$$(8) \quad f \leq \frac{1}{\pi \cdot X_m \cdot \sqrt{2\varepsilon_0 \varepsilon_r \mu_0 \mu_r (\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \delta_r} + 1)}} ; (\Gamma_{\text{ч}})$$

де:

ε_r - відносна діелектрична проникність корисного компонента;

μ_r - відносна магнітна проникність корисного компонента;

$\operatorname{tg} \delta_r$ - тангенс діелектричних утрат корисного компонента,

Під дією енергії надвисокої частоти відбувається нагрівання куска сировини за рахунок поглинання їм енергії електромагнітного поля НВЧ.

Питома об'ємна потужність електромагнітного поля, яка поглинається речовиною, визначається виразом:

$$(9) \quad W = f\pi\epsilon_0\epsilon_r E_m^2 \operatorname{tg}\delta_r t_{He}, (Bm / m^3);$$

де:

E_m - напруженість електричного поля НВЧ електромагнітного поля ($\frac{B}{m}$);

t_{He} - час впливу електромагнітного НВЧ випромінювання на речовину (с);

а підвищення температури одиниці об'єму речовини буде визначатися:

$$(10) \quad \Delta T_r = \frac{W}{c_r \rho_r} (^{\circ}K);$$

де:

ΔT_r - необхідне підвищення температура речовини ($^{\circ}K$);

c_r - теплоємність речовини (Дж/ $^{\circ}K$ кг);

ρ_r - густина речовини (кг/ m^3).

З огляду на (9) і (10), час, необхідний для підвищення температури нагрівання корисного компонента на деяку потрібну величину, може бути визначений по формулі:

$$(11) \quad t_H = \frac{\Delta T \cdot c_r \rho_r}{f\pi\epsilon_0\epsilon_r E_m^2 \operatorname{tg}\delta_r}$$

де:

ΔT - необхідне підвищення температура нагрівання корисного компонента ($^{\circ}K$);

t_H - час нагрівання контрольованого куска в поле електромагнітного НВЧ випромінювання (с);

c_r - теплоємність корисного компонента (Дж/ $^{\circ}K$ кг);

ρ_r - густина корисного компонента (кг/м^3).

Протягом часу нагрівання t корисний компонент у куску сировини нагріється до температури:

$$(12) \quad U_o = \frac{f\pi\epsilon_0\epsilon_r E_m^2 \cdot \text{tg } \delta_r}{c_r \rho_r} \cdot t_H, (^{\circ}\text{K})$$

де:

U_o - температура нагрівання корисного компонента у НВЧ електромагнітному полі за час t ($^{\circ}\text{K}$);

c_r - теплоємність корисного компонента ($\text{Дж/}^{\circ}\text{K кг}$);

ρ_r - густина корисного компонента (кг/м^3).

Порожній компонент у куску сировини нагріється до температури

$$(13) \quad T_o = \frac{f\pi\epsilon_0\epsilon E_m^2 \cdot \text{tg } \delta}{c \rho} \cdot t_H, (^{\circ}\text{K})$$

де:

T_o - температура нагрівання порожньої породи у НВЧ електромагнітному полі за час t ($^{\circ}\text{K}$);

c - теплоємність порожньої породи ($\text{Дж/}^{\circ}\text{K кг}$);

ρ - густина порожньої породи (кг/м^3).

ϵ - відносна діелектрична проникність порожньої породи;

$\text{tg } \delta$ - тангенс діелектричних утрат порожньої породи.

Після припинення дії електромагнітного поля процес теплообміну між корисним компонентом і порожньою породою описується системою диференціальних рівнянь з початковими умовами U_o і T_o :

$$(14) \begin{cases} m_r c_r \frac{dU}{dt} = S_o k_r (T - U) \\ m c \frac{dT}{dt} = S_o k (U - T) \end{cases};$$

де:

m_r – маса корисного компонента в контрольованому куску (кг)

m – маса порожньої породи в контрольованому куску (кг)

$\frac{dU}{dt}$ – швидкість зміни температури корисного компонента після нагрівання ($\frac{^{\circ}K}{c}$);

$\frac{dT}{dt}$ – швидкість зміни температури порожньої породи після нагрівання ($\frac{^{\circ}K}{c}$);

U – поточна температура корисного компонента ($^{\circ}K$);

T – поточна температура порожньої породи ($^{\circ}K$);

S_o – площа теплообміну між корисним компонентом і порожньою

породою визначається по формулі: $S_o = \frac{6m_r}{a\rho_r} (m^2)$;

де:

a – розмір зерна корисного компонента (м);

k – коефіцієнт тепловіддачі порожньої породи ($Вт/(^{\circ}K \cdot м^2)$);

k_r – коефіцієнт тепловіддачі корисного компонента ($Вт/(^{\circ}K \cdot м^2)$).

Рішення системи диференціальних рівнянь теплообміну між корисним компонентом і порожньою породою в куску має вид:

$$(15) \quad U(t) = A_0 e^{p_0 t} - \frac{m k_r c}{m_r k c_r} A_1 e^{p_1 t}$$

$$(16) \quad T(t) = A_0 e^{p_0 t} + A_1 \cdot e^{p_1 t}$$

де:

A_0, A_1 , - постійні коефіцієнти, які визначаються по формулах:

$$(17) \quad A_0 = \frac{mk_r c T_o + m_r k c_r U_o}{m_r k c_r + m k_r c} \quad (^{\circ}K);$$

$$(18) \quad A_1 = \frac{m_r k c_r (T_o - U_o)}{m_r k c_r + m k_r c} \quad (^{\circ}K);$$

Характеристичне рівняння:

$$(19) \quad p \cdot \left(p + \frac{6km_r}{ac\rho_r m} + \frac{6k_r}{ac, \rho_r} \right) = 0$$

Корені характеристичного рівняння P_0, P_1

$$(20) \quad P_0 = 0;$$

$$(21) \quad p_1 = -\frac{6}{a\rho_r} \cdot \left(\frac{m_r k}{mc} + \frac{k_r}{c_r} \right) \left(\frac{1}{c} \right)$$

Остаточно, рішення системи диференціальних рівнянь (14) буде;

$$(22) \quad U(t) = A_0 - \frac{mk_r c}{m_r k c_r} A_1 e^{p_1 t}$$

$$(23) \quad T(t) = A_0 + A_1 \cdot e^{p_1 t}$$

Графік зміни в часі температури корисного компонента $U(t)$ (крива 56) і порожньої породи $T(t)$ (крива 57) при теплообмінному процесі в куску з неоднорідним розподілом компонентів по обсязі представлений на Фіг. 4.

Стале значення температури нагрітого куску буде визначатися по формулі;

$$(24) \quad T_U = A_0 = \frac{U_o + \frac{m}{m_r} \cdot \frac{k_r c}{k c_r} \cdot T_o}{1 + \frac{m}{m_r} \cdot \frac{k_r c}{k c_r}} \quad (^{\circ}K);$$

де:

T_U - температура контрольованого куска після завершення внутрішніх теплообмінних процесів між компонентами куска (стала температура нагрівання контрольованого куска) ($^{\circ}K$).

Зважаючи на те, що при рівноважному теплообміні $k = k_r$, вирішимо рівняння (24) відносно $\frac{m}{m_r}$, одержимо;

$$\frac{m}{m_r} = \frac{(U_o - T_U)c_r}{(T_U - T_o)c}$$

При відомому співвідношенні $\frac{m}{m_r}$ масова частка корисного компонента в куску визначається виразом:

$$Q = \frac{1}{\frac{m}{m_r} + 1},$$

підставляючи в який значення співвідношення $\frac{m}{m_r}$, одержимо вираз на підставі якого визначають кількість корисного компонента в куску:

$$(25) \quad Q = \frac{(T_U - T_o)c}{U_o c_r - T_U(c_r - c) - T_o c} \cdot 100\%,$$

де:

Q - масова частка корисного компонента контрольованого куска (%)

Для визначення сталого значення температури куска контролювати її за допомогою термографічної системою необхідно через деякий проміжок часу після нагрівання куска. Цей проміжок часу визначається тривалістю перехідного процесу теплообміну між корисним компонентом куска і

порожньою породою. Час затримки між кінцем опромінення енергією НВЧ і моментом контролю сталої температури куска визначається по виразу:

$$(26) \quad \Delta t_k = \frac{4}{|p_1|} = \frac{a\rho_r c_r (U_o - T_{Unop})}{1,5k_r (U_o - T_o)}$$

де:

$$(27) \quad T_{Unop} = \frac{U_o c_r Q_{nop} + T_o c(1 - Q_{nop})}{c_r Q_{nop} + c(1 - Q_{nop})}$$

де:

Δt_k - час затримки контролю;

Q_{nop} - граничне значення масової частки корисного компонента в куску;

T_{Unop} - стала температура для куска з граничним значенням масової частки корисного компонента.

Після визначення масової частки корисного компонента, перевіряємо умову:

$$Q > Q_{nop}$$

У залежності від отриманого результату, кусок подається в зону дії пристрою, що по команді обчислювального комплексу здійснює сепарацію вихідної сировини в залежності від кількісних показників вмісту корисного компонента.

Приклад 1 реалізації першого способу.

Кусок містить два основних компоненти – магнетит і кварцит, піддається впливу НВЧ електромагнітного поля в плинні 1 секунди. Фізичні параметри куска, що опромінюється, і НВЧ поля приведені в Таблица 1.

Таблиця 1

Параметри	Одиниці виміру	Речовина	
		Магнетит	Кварцит
Відносна діелектрична проникність	–	68	0,1
Тангенс діелектричних утрат	–	0,4	0,009
Густина	кг / (м ³)	4700	3720
Теплоємність	Дж / (°К · кг)	600	920
Коефіцієнт тепловіддачі	Вт / (°К · м ²)	10	10
Температура нагрівання	°К	283,5173	273,0003
Початкова температура	°К	273	
Електрична напруженість НВЧ поля	В/м	4000	
Частота НВЧ поля	Гц	2450000000	
Час нагрівання	с	1	
Розмір зерна	м	0,000075	

Значення сталої температури куска з граничним вмістом корисного компонента 33% визначається по виразу (27):

$$T_{U_{\text{нор}}} = \frac{U_o c_r Q_{\text{нор}} + T_o c (1 - Q_{\text{нор}})}{c_r Q_{\text{нор}} + c (1 - Q_{\text{нор}})} =$$

$$= \frac{283,5173 \cdot 600 \cdot 0,33 + 273,0003 \cdot 920 \cdot (1 - 0,33)}{600 \cdot 0,33 + 920 \cdot (1 - 0,33)} = 275,5572^\circ \text{К}$$

По збігу часу контролю Δt_k , обумовленому по виразу (26):

$$\Delta t_k = \frac{4}{|p_1|} = \frac{a \rho_r c_r (U_o - T_{U_{\text{нор}}})}{1,5 k_r (U_o - T_o)} =$$

$$= \frac{0,000075 \cdot 4700 \cdot 600 \cdot (283,5173 - 275,5572)}{1,5 \cdot 10 \cdot (283,5173 - 273,0003)} \approx 11 \text{ с}$$

за допомогою термографічної системи визначають сталу температуру куска. Нехай стала температура буде $T_U = 275,9^\circ \text{К}$

По формулі (25) визначаємо масову частку вмісту корисного компонента в куску:

$$Q = \frac{(T_U - T_o) \cdot c}{U_o \cdot c_r - T_U \cdot (c_r - c) - T_o \cdot c} =$$

$$= \frac{(275,9 - 273,0003) \cdot 920 \cdot 100\%}{283,5173 \cdot 600 - 275,9 \cdot (600 - 920) - 273,0003 \cdot 920} = 36,87\%$$

Перевіряємо умову: $Q > Q_{\text{пор}}$

Виходячи з отриманих значень, бачимо, що умова виконується:

$$36,87\% > 33\%,$$

а контрольований кусок варто віднести до технологічного потоку кусків з корисним компонентом.

Приклад 2 реалізації першого способу.

Кусок містить два основних компоненти – гематит і кварцит, піддається впливу НВЧ електромагнітного поля в плинні 2 секунд. Фізичні параметри куска, що опромінюється, і НВЧ поля приведені у Таблиця 2.

Таблиця 2

Параметри	Одиниці виміру	Речовина	
		Гематит	Кварцит
Відносна діелектрична проникність	-	48	6,8
Тангенс діелектричних утрат	-	0,2	0,009
Густина	КГ / (м ³)	5100	2660
Теплоємність	Дж / (°К · КГ)	630	850
Коефіцієнт тепловіддачі	Вт / (°К · м ²)	10	10
Температура нагрівання	°К	279,5159	273,0590
Початкова температура	°К	273	
Електрична напруженість НВЧ поля	В/м	4000	
Частота НВЧ поля	Гц	2450000000	
Час нагрівання	с	2	
Розмір зерна	м	0,000075	

Значення сталої температури куска з граничним вмістом корисного компонента 42% визначається по виразу (27):

$$T_{\text{Упор}} = \frac{U_0 c_r Q_{\text{пор}} + T_0 c(1 - Q_{\text{пор}})}{c_r Q_{\text{пор}} + c(1 - Q_{\text{пор}})} =$$

$$= \frac{279,5159 \cdot 630 \cdot 0,42 + 273,059 \cdot 850 \cdot (1 - 0,42)}{630 \cdot 0,42 + 850 \cdot (1 - 0,42)} = 275,3142^{\circ}K$$

По витіканню часу контролю Δt_k , обумовленому по виразу (26):

$$\begin{aligned} \Delta t_k &= \frac{4}{|p_1|} = \frac{a\rho_r c_r (U_o - T_{unop})}{1,5k_r (U_o - T_o)} = \\ &= \frac{0,000075 \cdot 5100 \cdot 630 \cdot (279,5159 - 275,3142)}{1,5 \cdot 10 \cdot (279,5159 - 273,059)} \approx 10c \end{aligned}$$

за допомогою термографічної системи визначають сталу температура куска. Нехай стала температура буде $T_U = 275,2^{\circ}K$

По формулі (25) визначаємо масову частку вмісту корисного компонента в куску:

$$\begin{aligned} Q &= \frac{(T_U - T_o) \cdot c}{U_o \cdot c_r - T_U \cdot (c_r - c) - T_o \cdot c} = \\ &= \frac{(275,2 - 273,059) \cdot 850 \cdot 100\%}{279,5159 \cdot 600 - 275,2 \cdot (600 - 850) - 273,059 \cdot 850} = 40,09\% \end{aligned}$$

Перевіряємо умову: $Q > Q_{nor}$

Виходячи з отриманих значень, бачимо, що умова не виконується:

$$40,09\% < 42\%,$$

а контрольований кусок варто віднести до технологічного потоку кусків з порожньою породою.

Спосіб, що заявляється, може бути використаний у технологічних процесах кускової сепарації сировини при збагаченні руд чорних і кольорових металів, гірничо-хімічної сировини і техногенних відходів з визначеним гранулометричним складом кусків.

Внутрішній склад кусків сировини може бути бінарним (що складається з двох фаз) чи квазібінарним і являти собою гетерогенну матричну систему чи гетерогенну систему типу статистичної суміші, з ізотропною (квазіізотропною) чи анізотропною макроструктурою.

Спосіб, що заявляється, може використовуватися на початкових етапах у технологіях збагачення (попереднє збагачення) і підготовки кускової сировини до подальшого переділу, наприклад, для попередньої кускової сепарації добитої сировини в умовах підземного способу розробки корисних копалин безпосередньо на місці видобутку (у вибої), для попередньої кускової сепарації вихідної сировини при переробці техногенних відходів, а також на кінцевих стадіях збагачення в тих технологіях, де кінцевим продуктом збагачення є кусковий матеріал із заданими фізико-хімічними властивостями, (наприклад, доменний кусок, мартенівський кусок і т.д.).

Другий спосіб може бути реалізований на прикладі збагачення вихідної металовміщуючої сировини, руд чорних чи кольорових металів. Заявлений спосіб забезпечує сепарацію вихідної сировини на два потоки: один потік з вмістом корисного компонента вище заданого значення, а інший потік з вмістом корисного компонента нижче заданого значення. Сепарації може піддаватися вихідна сировина, отримана як безпосередньо після обвалення гірничої маси в циклі гірничих робіт при видобутку корисної копалини, так і сировини у вигляді гірничої маси, яка піддалася додатковому дробленню до заданих розмірів середнього куска, або сировини техногенного походження.

Вихідний потік сировини з дозуючого навантажувального пристрою надходить на конвеєр. Обчислювальний пристрій через вихідний інтерфейс формує сигнал керування пристроєм дозованої подачі куска на стрічку і сигнал керування системою керування електропривода конвеєра. Конвеєр подає кусок у зону нагрівання установки НВЧ, що забезпечує по команді обчислювального комплексу заданий час нагрівання і необхідну потужність електромагнітного випромінювання.

Після нагрівання контрольованого куска в електромагнітному НВЧ полі, компоненти куска, у силу різних електричних, магнітних і теплофізичних властивостей, нагріваються до різних температур.

Приймаючи середню температуру нагрітого в електромагнітному НВЧ полі контрольованого куска як узагальнений параметр двохфазної статистичної суміші і знаючи об'ємні концентрації фаз у контрольованому куску, можна визначити середню температуру контрольованого куска по виразу (В. И. Оделевский. «Расчет обобщенной проводимости гетерогенных систем». Журнал Техническая физика, Том XXI, вып. 6. 1951 год; стор. 683):

$$(28) \quad T_c = \frac{(3\nu - 1)U_o + [3(1 - \nu) - 1]T_o}{4} + \sqrt{\left\{ \frac{(3\nu - 1)U_o + [3(1 - \nu) - 1]T_o}{4} \right\}^2 + \frac{U_o T_o}{2}};$$

де:

ν - об'ємний коефіцієнт концентрації корисного компонента;

T_c - виміряна середня температура контрольованого куска ($^{\circ}\text{K}$),

U_o - температура нагрівання корисного компонента ($^{\circ}\text{K}$);

T_o - температура нагрівання порожньої породи ($^{\circ}\text{K}$);

Об'ємний коефіцієнт концентрації корисного компонента для двохфазної статистичної суміші визначається по виразу:

$$(29) \quad \nu = \frac{m_r}{m_r + m \frac{\rho_r}{\rho}}$$

де:

m_r - маса фази корисного компонента в контрольованому куску (кг);

m - маса фази порожньої породи в контрольованому куску (кг);

ρ_r - густина фази корисного компонента у контрольованому куску ($\text{кг}/\text{м}^3$);

ρ - густина фази порожньої породи у контрольованому куску ($\text{кг}/\text{м}^3$).

Вирішуючи вираз (28) відносно ν одержимо вираз:

$$(30) \quad v = \frac{2T_c - \frac{U_0 T_0}{T_c} - 2T_0 + U_0}{3(U_0 - T_0)}$$

По виразу (30), вимірювши температуру нагрівання корисного компонента, порожньої породи і середню температуру контролюваного куска, можна розрахувати об'ємний коефіцієнт концентрації корисного компонента в контролюваному куску.

Після нагрівання куска у НВЧ електромагнітному полі, обчислювальний комплекс формує сигнал керування електроприводом для подачі куска в зону дії термографічної установки. Вихідні сигнали термографічної установки через вхідний інтерфейс надходять в обчислювальний комплекс, що обчислює значення об'ємного коефіцієнта концентрації корисного компонента для контролюваного куска відповідно до формули (30) і перевіряють умову

$$(31) \quad v > v_{\text{пор}} ;$$

де:

$v_{\text{дор}}$ – граничне значення об'ємного коефіцієнта концентрації корисного компонента.

Граничне значення об'ємного коефіцієнта концентрації корисного компонента визначається з виразу:

$$(32) \quad v_{\text{пор}} = \frac{2T_{c_{\text{пор}}} - \frac{U_o \cdot T_o}{T_{c_{\text{пор}}}} - 2T_o + U_o}{3(U_o - T_o)}$$

де:

$T_{c_{\text{пор}}}$ - середнє значення температури куска з граничним значенням масової частки корисного компонента, що визначається по виразу:

$$(33) \quad Tc_{пор} = \frac{U_o + \frac{(1-Q_{пор})}{Q_{пор}} \cdot \frac{k_{,c}}{kc_{,}} \cdot T_o}{1 + \frac{(1-Q_{пор})}{Q_{пор}} \cdot \frac{k_{,c}}{kc_{,}}}$$

При виконанні умови (31), тобто, кількість корисного компонента в контрольованому куску дорівнює чи перевищує деяке граничне значення, з витримкою часу, необхідною для подачі куска в зону дії сепараційного пристрою, обчислювальний комплекс через вихідний інтерфейс включає сепараційний пристрій, що змінює траєкторію падіння куска з корисним компонентом і, відповідно, поділяє вихідну сировину на два технологічних потоки: - з вмістом корисного компонента і без нього.

Приклад 1 реалізації другого способу.

Кусок містить два основних компоненти – магнетит і кварцит, піддається впливу НВЧ електромагнітного поля в плинні 1 секунди. Фізичні параметри куска, що опромінюється, і НВЧ поля приведені в Таблиця 3.

Таблиця 3

<i>Параметри</i>	<i>Одиниці виміру</i>	<i>Речовина</i>	
		Магнетит	Кварцит
Відносна діелектрична проникність	-	68	0,1
Тангенс діелектричних утрат	-	0,4	0,009
Густина	Кг / (м ³)	4700	3720
Теплоємність	Дж / (°К · Кг)	600	920
Коефіцієнт тепловіддачі	Вт / (°К · м ²)	10	10
Температура нагрівання	°К	283,5173	273,0003
Початкова температура	°К	273	
Електрична напруженість НВЧ поля	В/м	4000	
Частота НВЧ поля	Гц	2450000000	
Час нагрівання	с	1	
Розмір зерна	м	0,000075	

Середня температура контрольованого куска з граничним вмістом корисного компонента, рівним $Q_{пор} = 33\%$, визначається по виразу (33):

$$T_{c_{пор}} = \frac{U_o + \frac{(1-Q_{пор})}{Q_{пор}} \cdot \frac{k_c}{k_c} \cdot T_o}{1 + \frac{(1-Q_{пор})}{Q_{пор}} \cdot \frac{k_c}{k_c}} =$$

$$= \frac{283,5173 + \frac{(1-0,33)}{0,33} \cdot \frac{10 \cdot 920}{10 \cdot 600} \cdot 273,0003}{1 + \frac{(1-0,33)}{0,33} \cdot \frac{10 \cdot 920}{10 \cdot 600}} = 275,5572^\circ K$$

Граничне значення об'ємного коефіцієнта концентрації корисного компонента $V_{пор}$ з граничним вмістом корисного компонента 33% визначається по виразу (32):

$$V_{пор} = \frac{2T_{c_{пор}} - \frac{U_o T_o}{T_{c_{пор}}} - 2T_o + U_o}{3(U_o - T_o)} =$$

$$= \frac{2 \cdot 275,5572 - \frac{283,5173 \cdot 273,0003}{275,5572} - 2 \cdot 273,0003 + 283,5173}{3 \cdot (283,5173 - 273,0003)} = 0,24546483$$

По закінченню впливу НВЧ опромінення, за допомогою термографічної системи визначаються середнє значення T_c температури контрольованого куска, що у даному прикладі склало:

$$T_c = 275,9^\circ K$$

По формулі (30) визначаємо значення об'ємного коефіцієнта концентрації корисного компонента V для даного контрольованого куска:

$$V = \frac{2T_c - \frac{U_o \cdot T_o}{T_c} - 2T_o + U_o}{3(U_o - T_o)} =$$

$$= \frac{2 \cdot 275,9 - \frac{283,5173 \cdot 273,0003}{275,9} - 2 \cdot 273,0003 + 283,5173}{3 \cdot (283,5173 - 273,0003)} = 0,27949039$$

Перевіряємо умову: $V > v_{\text{пор}}/$

Виходячи з отриманих значень, бачимо, що умова виконується:

$$0,27949039 > 0,24546483,$$

а контрольований кусок варто віднести до технологічного потоку кусків з корисним компонентом.

Приклад 2 реалізації другого способу.

Кусок містить два основних компоненти – гематит і кварцит, піддається впливу НВЧ електромагнітного поля в плинні 2 секунд. Фізичні параметри куска, що опромінюється, і НВЧ поля приведені в Таблиця 4.

Таблиця 4

<i>Параметри</i>	<i>Одиниці виміру</i>	<i>Речовина</i>	
		Гематит	Кварцит
Відносна діелектрична проникність	–	48	6,8
Тангенс діелектричних утрат	–	0,2	0,009
Густина	кг / (м ³)	5100	2660
Теплоємність	Дж / (°К · кг)	630	850
Коефіцієнт тепловіддачі	Вт / (°К · м ²)	10	10
Температура нагрівання	°К	279,5159	273,0590
Початкова температура	°К	273	
Електрична напруженість НВЧ поля	В/м	4000	
Частота НВЧ поля	Гц	2450000000	
Час нагрівання	с	2	
Розмір зерна	м	0,000075	

Середня температура контрольованого куска з граничним вмістом корисного компонента, рівним $Q_{\text{пор}} = 42\%$, визначається по виразу (33):

$$T_{C_{\text{пор}}} = \frac{U_o + \frac{(1-Q_{\text{пор}}) \cdot k_{,c} \cdot T_o}{Q_{\text{пор}} \cdot k_{c,}}}{1 + \frac{(1-Q_{\text{пор}}) \cdot k_{,c}}{Q_{\text{пор}} \cdot k_{c,}}} =$$

$$= \frac{279,5159 + \frac{(1 - 0,42)}{0,42} \cdot \frac{10 \cdot 850}{10 \cdot 630} \cdot 273,059}{1 + \frac{(1 - 0,33)}{0,33} \cdot \frac{10 \cdot 920}{10 \cdot 600}} = 275,3142^{\circ}K$$

Граничне значення об'ємного коефіцієнта концентрації корисного компонента $V_{\text{нор}}$ з граничним вмістом корисного компонента 42% визначається по виразу (32):

$$V_{\text{нор}} = \frac{2T_{c_{\text{нор}}} - \frac{U_o T_o}{T_{c_{\text{нор}}}} - 2T_o + U_o}{3(U_o - T_o)} =$$

$$= \frac{2 \cdot 275,3142 - \frac{279,5159 \cdot 273,059}{275,3142} - 2 \cdot 273,059 + 279,5159}{3 \cdot (279,5159 - 273,059)} = 0,35103759$$

По закінченню впливу НВЧ опромінення, за допомогою термографічної системи визначаються середні значення T_c температури контролюваного куска, що у даному прикладі склало:

$$T_c = 275,2^{\circ}K$$

По формулі (30) визначаємо значення об'ємного коефіцієнта концентрації корисного компонента V для даного контролюваного куска:

$$V = \frac{2T_c - \frac{U_o \cdot T_o}{T_c} - 2T_o + U_o}{3(U_o - T_o)} =$$

$$= \frac{2 \cdot 275,2 - \frac{279,5 \cdot 273,1}{275,2} - 2 \cdot 273,1 + 279,5}{3 \cdot (279,5 - 273,1)} = 0,33243976$$

Перевіряємо умову: $V > V_{\text{нор}}$

Виходячи з отриманих значень, бачимо, що умова не виконується:

$$0,33243976 < 0,35103759,$$

а контрольований кусок варто віднести до технологічного потоку кусків з порожньою породою.

Спосіб, що заявляється, може бути використаний у технологічних процесах кускової сепарації сировини при збагаченні руд чорних і кольорових металів, гірничо-хімічної сировини і техногенних відходів з визначеним гранулометричним складом кусків.

Внутрішній склад кусків сировини може бути бінарним (що складається з двох фаз) чи квазібінарним і являти собою гетерогенну матричну систему чи гетерогенну систему типу статистична суміш, з ізотропною (квазіізотропною) макроструктурою.

Спосіб, що заявляється, може використовуватися на початкових етапах у технологіях збагачення (попереднє збагачення) і підготовки кускової сировини до подальшого переділу, наприклад, для попередньої кускової сепарації добитої сировини в умовах підземного способу розробки корисних копалин безпосередньо на місці видобутку (у вибої), для попередньої кускової сепарації вихідної сировини при переробці техногенних відходів, а також на кінцевих стадіях збагачення в тих технологіях, де кінцевим продуктом збагачення є кусковий матеріал із заданими фізико-хімічними властивостями, (наприклад, доменний кусок, мартенівський кусок і т.д.).

Третій спосіб може бути реалізований на прикладі збагачення вихідного металовміщуючої сировини, руд чорних чи кольорових металів. Заявлений спосіб забезпечує сепарацію вихідної сировини на два потоки: один потік з вмістом корисного компонента вище заданого значення, а інший потік з вмістом корисного компонента нижче заданого значення. Сепарації може піддаватися вихідна сировина, отримана як безпосередньо після обвалення гірничої маси в циклі гірничих робіт при видобутку корисної копалини, так і сировини у вигляді гірничої маси, яка піддалася додатковому дробленню до заданих розмірів середнього куска, або сировина техногенного походження.

Вихідний потік сировини з дозуючого навантажувального пристрою надходить на конвеєр. Обчислювальний пристрій через вихідний інтерфейс і систему керування формує сигнал керування пристроєм дозованої подачі куска на конвеєр і сигнал керування на систему керування електропривода конвеєра. Конвеєр подає кусок у зону нагрівання установки НВЧ, що забезпечує по команді обчислювального пристрою необхідну потужність електромагнітного випромінювання.

Сигнал з датчика швидкості конвеєра через вхідний інтерфейс надходить в обчислювальний пристрій, що через вихідний інтерфейс формує такий сигнал керування на систему керування електропривода конвеєра, що забезпечує швидкість конвеєра, необхідну для перебування куска в зоні опромінення і нагрівання електромагнітним полем заданий час, що визначається по формулі (11)

Необхідна лінійна швидкість конвеєрної стрічки V_K може бути визначена по формулі:

$$(34) \quad V_K = \frac{L_H}{t_H} \quad \frac{м}{с}$$

де:

L_H - еквівалентний лінійний розмір зони опромінення НВЧ електромагнітним полем уздовж вектора швидкості конвеєрної стрічки (м);

t_H - необхідний час впливу НВЧ електромагнітного поля на контрольований кусок, що визначається по виразу (11) (с).

Кусок сировини, що складає з корисного компонента і порожньої породи опромінюється НВЧ електромагнітним полем.

За рахунок поглинання НВЧ енергії речовиною куска, його середня температура, за час нагрівання, підвищиться на величину обумовлену по виразу:

$$(35) \quad \Delta T_c = \frac{f \pi E_m^2 \varepsilon_0 \varepsilon_{cp} \operatorname{tg} \delta_{cp}}{c_{cp} \rho_{cp}} \cdot t_H \quad (^\circ K)$$

де:

ρ_{cp} - середня густина речовини куска ($\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$)

c_{cp} - середня питома теплоємність речовини куска ($\frac{\text{Дж}}{^\circ K \cdot \text{кг}}$):

ε_{cp} - середня відносна діелектрична проникність речовини куска;

$\operatorname{tg} \delta_{cp}$ - середнє значення тангенса діелектричних утрат речовини куска;

Середня густина речовини куска визначається по виразу:

$$(36) \quad \rho_{cp} = \frac{M}{V_e} \quad \left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right)$$

де:

M - маса куска (кг)

V_e - об'єм куска (м^3)

У свою чергу,;

$$M = m_r + m \quad (\text{кг})$$

де:

m_r - маса корисного компонента в куску (кг);

m - маса порожньої породи в куску (кг).

Об'єм куска буде

$$V_e = v_r + v \quad (\text{м}^3);$$

де:

v_r - об'єм корисного компонента в куску (м^3);

v - об'єм порожньої породи в куску (м^3).

Об'єми корисного компонента і порожньої породи в куску можна виразити через їхні маси і густини, тоді:

$$v_r = \frac{m_r}{\rho_r} ; \quad v = \frac{m}{\rho}$$

З обліком вище сказаного, середня густина куска буде визначатися по виразу:

$$(37) \quad \rho_{cp} = \frac{\rho_r \rho \left(\frac{m_r}{m} + 1 \right)}{\rho \frac{m_r}{m} + \rho_r} \quad \left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right)$$

Середня теплоємність речовини куска визначається з виразу:

$$c_{cp} M = c_r m_r + c m$$

відкіля:

$$(38) \quad c_{cp} = \frac{c_r m_r + c m}{m_r + m} \left[\frac{\text{Дж}}{\text{°K} \cdot \text{кг}} \right]$$

Енергія НВЧ електромагнітного поля, витрачена на нагрівання одиниця об'єму речовини контрольованого куска в одиницю часу, визначається виразом:

$$(39) \quad P_{cp} = \pi f E_m^2 \varepsilon_0 \varepsilon_{cp} \operatorname{tg} \delta_{cp} \quad (\text{Вт})$$

Енергія НВЧ електромагнітного поля, витрачена на нагрівання всього об'єму корисного компонента контрольованого куска в одиницю часу, визначається виразом:

$$P_r = \pi f E_m^2 \varepsilon_0 \varepsilon_r \operatorname{tg} \delta_r v_r = \pi f E_m^2 \varepsilon_0 \varepsilon_r \operatorname{tg} \delta_r \frac{m_r}{\rho_r} \quad (\text{Вт})$$

Енергія НВЧ електромагнітного поля, витрачена на нагрівання всього об'єму порожньої породи контрольованого куска в одиницю часу, визначається виразом:

$$P_o = \pi f E_m^2 \varepsilon_0 \varepsilon \operatorname{tg} \delta v = \pi f E_m^2 \varepsilon_0 \varepsilon \operatorname{tg} \delta \frac{m}{\rho} \quad (Bm)$$

Енергія НВЧ електромагнітного поля, витрачена на нагрівання всього об'єму речовини контрольованого куска в одиницю часу, визначається виразом:

$$P = P_r + P_o = \pi f E_m^2 \varepsilon_0 \left(\varepsilon_r \operatorname{tg} \delta_r \frac{m_r}{\rho_r} + \varepsilon \operatorname{tg} \delta \frac{m}{\rho} \right) \quad (Bm)$$

Тоді, енергія НВЧ електромагнітного поля, витрачена на нагрівання одиниці об'єму речовини контрольованого куска в одиницю часу, буде визначається виразом:

$$P_{cp} = \frac{P}{v_r + v} = \pi f E_m^2 \varepsilon_0 \cdot \frac{\varepsilon_r \operatorname{tg} \delta_r \frac{m_r}{\rho_r} + \varepsilon \operatorname{tg} \delta \frac{m}{\rho}}{\frac{m_r}{\rho_r} + \frac{m}{\rho}} \quad (Bm);$$

чи:

$$(40) \quad P_{cp} = \pi f E_m^2 \varepsilon_0 \cdot \frac{\varepsilon_r \operatorname{tg} \delta_r \frac{m_r}{m} \rho + \varepsilon \operatorname{tg} \delta \rho_r}{\frac{m_r}{m} \rho + \rho_r} \quad (Bm)$$

Порівнюючи виразі (39) і (40), можна прийти до висновку, що:

$$(41) \quad \varepsilon_{cp} \operatorname{tg} \delta_{cp} = \frac{\varepsilon_r \operatorname{tg} \delta_r \frac{m_r}{m} \rho + \varepsilon \operatorname{tg} \delta \rho_r}{\frac{m_r}{m} \rho + \rho_r}$$

Вираз (41) являє собою фактор утрат речовини контрольованого куска, вираженого через фактори втрат корисного компонента $\varepsilon_r \operatorname{tg} \delta_r$ і порожньої породи $\varepsilon \operatorname{tg} \delta$ і співвідношення мас корисного компонента і порожньої породи $\frac{m_r}{m}$ в контрольованому куску.

Підставляючи у формулу (35) вирази (37), (38) і (41) і виконуючи відповідні перетворення, одержимо вираз для середнього підвищення температури контрольованого куска:

$$(42) \quad \Delta T_C = \pi f E_m^2 \varepsilon_0 t_H \cdot \frac{\varepsilon_r \operatorname{tg} \delta_r \frac{m_r}{m} \rho + \varepsilon \operatorname{tg} \delta \rho_r}{\rho_r \rho \left(c_r \frac{m_r}{m} + c \right)} ;$$

Вимірюючи середню температуру контрольованого куска, попередньо нагрітого у НВЧ електромагнітному полі, з вираза (42) можна визначити співвідношення $\frac{m_r}{m}$, – маси корисного компонента до маси порожньої породи в цьому куску.

При виході з зони опромінення електромагнітним полем кусок попадає в зону дії термографічної системи, де визначають середню температуру нагрітого куска шляхом фіксації картини його теплового випромінювання.

Вихідні сигнали термографічної установки через вхідний інтерфейс надходять в обчислювальний пристрій.

При контролі температури за допомогою термографічної установки, фіксована картина теплового випромінювання нагрітого контрольованого куска представляє карту теплових точок. Кожна точка фіксованої картини теплового випромінювання відповідає досить малої (елементарної) ділянці контрольованого куска. Тому температуру на елементарній ділянці контролю куска можна вважати однаковою.

Тоді, середня перевищення температура всього куска може бути визначена по виразу:

$$\Delta T_C = \frac{1}{\sum_{i=1}^N \Delta S_i} \cdot \sum_{i=1}^N \Delta T_i \cdot \Delta S_i ;$$

де:

ΔS_i - площа елементарної ділянки, що відповідає точці фіксованої картини теплового випромінювання нагрітого контрольованого куска;

ΔT_i - перевищення температури точки фіксованої картини теплового випромінювання нагрітого контрольованого куска;

N - число точок фіксованої картини теплового випромінювання нагрітого контрольованого куска.

Чи, якщо ΔS_i відповідають однаковим по розмірі елементарним ділянкам контрольованого куска, те середня температура всього куска може бути визначена по виразу:

$$(43) \quad \Delta T_c = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N \Delta T_i$$

Вирішивши вираз (42) відносно $\frac{m_r}{m}$, одержуємо:

$$(44) \quad \frac{m_r}{m} = \frac{\pi f E_m^2 t_H \varepsilon_0 \varepsilon_r \operatorname{tg} \delta \rho_r - \Delta T_c \rho_r \rho_c}{T_c \rho_r \rho_c - \pi f E_m^2 t_H \varepsilon_0 \varepsilon_r \operatorname{tg} \delta_r \rho}$$

Вміст (масова частка) корисного компонента в контрольованому куску визначається виразом:

$$(45) \quad Q = \frac{\frac{m_r}{m}}{\frac{m_r}{m} + 1}$$

Підставляючи у вираз (45) вираз (44) і виконавши необхідні перетворення, одержимо формулу визначення масової частки корисного компонента в куску:

$$(46) \quad Q = \frac{\rho_r A_e}{\rho_r A_e - \rho A_{e_r}} ;$$

де:

$Ae = \pi f E_m^2 \varepsilon_0 \varepsilon_r \operatorname{tg} \delta_r t_H - \Delta T_C \rho c$ - допоміжний параметр порожньої породи;

$Ae_r = \pi f E_m^2 \varepsilon_0 \varepsilon_r \operatorname{tg} \delta_r t_H - \Delta T_C \rho_r c_r$ - допоміжний параметр корисного компонента;

На практиці, виходячи з конкретних властивостей корисного компонента і порожньої породи і їхніх співвідношень, параметрів контрольованого потоку, чутливості і швидкодії застосовуваних пристроїв контролю температури, вибираючи частоту і напруженість НВЧ електромагнітного поля, час опромінення, тактику контролю (одно точковий, двох точковий і багатоточковий контроль) можна досягти необхідної точності кускової сепарації сировини в потоці.

При виконанні умови

$$Q \geq Q_{\text{пор}}$$

с витримкою часу, необхідної для подачі куска в зону дії, обчислювальний пристрій через вихідний інтерфейс включає виконавчі органи сепараційного пристрою, що змінюють траєкторію руху куска з корисним компонентом, чим і забезпечується поділ на потоки кусків утримуючих і не утримуючий корисний компонент.

Приклад 1 реалізації третього способу.

Кусок містить два основних компоненти – магнетит і кварцит, піддається впливу НВЧ електромагнітного поля в плинні 1 секунди. Фізичні параметри куска, що опромінюється, і НВЧ поля приведені в Таблиця 5.

Таблиця 5

Параметри	Одиниці виміру	Речовина	
		Магнетит	Кварцит
Відносна діелектрична проникність	-	68	0,1
Тангенс діелектричних утрат	-	0,4	0,009
Густина	кг / (м ³)	4700	3720
Теплоємність	Дж / °К · кг)	600	920
Коефіцієнт тепловіддачі	Вт / °К · м ²)	10	10
Температура нагрівання	°К	283,5173	273,0003
Початкова температура	°К	273	
Електрична напруженість НВЧ поля	В/м	4000	
Частота НВЧ поля	Гц	2450000000	
Час нагрівання	с	1	
Розмір зерна	м	0,000075	

Граничний вміст корисного компонента приймаємо $Q_{\text{пор}} = 33\%$.

За допомогою термографічної системи визначають середню температуру куска. Нехай середня температура контрольованого куска буде $T_c = 275,9$ °К, а отже, перевищення температури нагрівання буде:

$$\Delta T_c = T_c - T_n = 275,9 - 273 = 2,9 \text{ °К};$$

де

T_n - початкова температура контрольованого куска (див. Таблиця 5).

По формулі (46) визначаємо масову частку вмісту корисного компонента в куску:

$$Q = \frac{\rho_r A_e}{\rho_r A_e - \rho A_{e_r}},$$

де:

$$\begin{aligned} A_e &= \pi f E_m^2 \varepsilon_0 \varepsilon \operatorname{tg} \delta t_H - \Delta T_c \rho c = \\ &= \pi \cdot 2,45 \cdot 10^9 \cdot 4000^2 \cdot 8,85419 \cdot 10^{-12} \cdot 0,1 \cdot 0,009 \cdot 1 - 2,9 \cdot 3720 \cdot 920 = \\ &= -9923978,643 \end{aligned}$$

- допоміжний параметр порожньої породи;

$$\begin{aligned}
 Ae_r &= \pi f E_m^2 \varepsilon_0 \varepsilon_r \operatorname{tg} \delta_r t_H - \Delta T_C \rho_r c_r = \\
 &= \pi \cdot 2,45 \cdot 10^9 \cdot 4000^2 \cdot 8,85419 \cdot 10^{-12} \cdot 0,1 \cdot 0,009 \cdot 1 - 2,9 \cdot 3720 \cdot 920 = \\
 &= 21480799,89
 \end{aligned}$$

- допоміжний параметр корисного компонента;

$$Q = \frac{4700 \cdot (-9923978,643) \cdot 100\%}{4700 \cdot (-9923978,643) - 3720 \cdot (21480799,89)} = 36,86\%$$

Перевіряємо умову: $Q > Q_{\text{пор}}$

Виходячи з отриманих значень, бачимо, що умова виконується:

$$36,86\% > 33\%$$

а контрольований кусок варто віднести до технологічного потоку кусків з корисним компонентом.

Приклад 2 реалізації третього способу.

Кусок містить два основних компоненти – гематит і кварцит, піддається впливу НВЧ електромагнітного поля в плинні 2 секунд. Фізичні параметри куска, що опромінюється, і НВЧ поля приведені в Таблиця 6.

Таблиця 6

Параметри	Одиниці виміру	Речовина	
		Гематит	Кварцит
Відносна діелектрична проникність	-	48	6,8
Тангенс діелектричних утрат	-	0,2	0,009
Густина	кг/ (м ³)	5100	2660
Теплоємність	Дж/°К · кг)	630	850
Коефіцієнт тепловіддачі	Вт/°К · м ²)	10	10
Температура нагрівання	°К	279,5159	273,0590
Діелектрична постійна	Ф/м	8,8541878Е-12	
Початкова температура	°К	273	
Електрична напруженість НВЧ поля	В/м	4000	
Частота НВЧ поля	Гц	2450000000	
Час нагрівання	с	2	
Розмір зерна	м	0,000075	

Граничний вміст корисного компонента приймаємо $Q_{пор} = 42\%$.

За допомогою термографічної системи визначають середню температуру куска. Нехай середня температура контролюваного куска буде $T_c = 275,2$ °К, а отже, перевищення температури нагрівання буде:

$$\Delta T_c = T_c - T_n = 275,2 - 273 = 2,2 \text{ °К};$$

де

T_n - початкова температура контролюваного куска (див. у Таблиця 6).

По формулі (46) визначаємо масову частку вмісту корисного компонента в куску:

$$Q = \frac{\rho_r A_e}{\rho_r A_e - \rho A_e r},$$

де:

$$\begin{aligned}
 A_e &= \pi f E_m^2 \varepsilon_0 \varepsilon_t g \delta t_n - \Delta T_c \rho c = \\
 &= \pi \cdot 2,45 \cdot 10^9 \cdot 4000^2 \cdot 8,8541878 \cdot 10^{-12} \cdot 6,8 \cdot 0,009 \cdot 2 - 2,2 \cdot 2660 \cdot 850 = \\
 &= -4840735,4
 \end{aligned}$$

- допоміжний параметр порожньої породи;

$$\begin{aligned} Ae_r &= \pi f E_m^2 \varepsilon_0 \varepsilon_r \operatorname{tg} \delta_r t_H - \Delta T_C \rho_r c_r = \\ &= \pi \cdot 2,45 \cdot 10^9 \cdot 4000^2 \cdot 8,8541878 \cdot 10^{-12} \cdot 48 \cdot 0,2 \cdot 2 - 2,2 \cdot 5100 \cdot 630 = \\ &= 13867023,45 \end{aligned}$$

- допоміжний параметр корисного компонента;

$$Q = \frac{5100 \cdot (-4840735,4) \cdot 100\%}{5100 \cdot (-4840735,4) - 2660 \cdot (13867023,45)} = 40,09\%$$

Перевіряємо умову: $Q > Q_{\text{пор}}$

Виходячи з отриманих значень, бачимо, що умова виконується:

$$40,09\% < 42\%,$$

а контрольований кусок варто віднести до технологічного потоку кусків з корисним компонентом.

Спосіб, що заявляється, може бути використаний у технологічних процесах кускової сепарації сировини при збагаченні руд чорних і кольорових металів, гірничо-хімічної сировини і техногенних відходів з визначеним гранулометричним складом кусків.

Внутрішній склад кусків сировини може бути бінарним (що складається з двох фаз) чи квазібінарним і являти собою гетерогенну матричну систему чи гетерогенної системи типу статистична суміш, з ізотропною (квазіізотропною) макроструктурою.

Спосіб, що заявляється, може використовуватися на початкових етапах у технологіях збагачення (попереднє збагачення) і підготовки кускової сировини до подальшого переділу, наприклад, для попередньої кускової сепарації добитої сировини в умовах підземного способу розробки корисних копалин безпосередньо на місці видобутку (у вибої), для попередньої кускової сепарації вихідної сировини при переробці техногенних відходів, а також на кінцевих стадіях збагачення в тих технологіях, де кінцевим

продуктом збагачення є кусковий матеріал із заданими фізико-хімічними властивостями, (наприклад, доменний кусок, мартенівський кусок і т.д.).

Четвертий спосіб може бути реалізований на прикладі збагачення вихідної металовміщуючої сировини, руд чорних чи кольорових металів. Заявлений спосіб забезпечує сепарацію вихідної сировини на два потоки: один потік з вмістом корисного компонента вище заданого значення, а інший потік з вмістом корисного компонента нижче заданого значення. Сепарації може піддаватися вихідна сировина, отримана як безпосередньо після обвалення гірничої маси в циклі гірничих робіт при видобутку корисної копалини, так і сировина у вигляді гірничої маси, яка піддалася додатковому дробленню до заданих розмірів середнього куска, так і сировина техногенного походження.

Вихідний потік сировини з дозуючого навантажувального пристрою надходить на конвеєр. Обчислювальний пристрій через вихідний інтерфейс формує сигнал керування пристроєм дозованої подачі куска на стрічку і сигнал керування системою керування електропривода конвеєра. Конвеєр подає кусок у зону нагрівання установки НВЧ, що забезпечує по команді обчислювального пристрою заданий час нагрівання і необхідну потужність електромагнітного випромінювання.

Кусок сировини опромінюється електромагнітним полем частотою f , що відповідає умові по формулі (8), с напруженістю E_m протягом часу t_H , обумовленому по виразу (11). Частота f , напруженість E_m НВЧ електромагнітного поля і час впливу НВЧ електромагнітного поля t_H можуть вибиратися і з інших технічних чи технологічних умов.

За час нагрівання корисний компонент нагріється до температури U_o , обумовленої по виразу (12), а порожній компонент до температури T_o , обумовленої по виразу (13).

Після припинення дії електромагнітного поля процес теплообміну між корисним компонентом і порожньою породою описується системою диференціальних рівнянь (14) з початковими умовами U_o і T_o :

Рішення системи диференціальних рівнянь для нагрівання куска згідно (16) має вид:

$$T(t) = A_0 + A_1 \cdot e^{p_1 t}$$

Використовуючи розкладання експонентної функції в статичній ряд і обмеживши членами n -го порядку (наприклад, третього порядку), представимо рішення системи у виді:

$$(47) \quad T(t) = A_0 + A_1 + A_1 p_1 t + \frac{A_1 p_1^2}{2} t^2 + \frac{A_1 p_1^3}{6} t^3, \text{ чи}$$

$$(48) \quad T(t) = X_1 + X_2 t + X_3 t^2 + X_4 t^3$$

де:

A_0, A_1, p_1 , - постійні коефіцієнти, які визначаються згідно виразам (17), (18) і (21). Або, подаючи масу через відповідний об'єм і густину компонентів, одержимо:

$$(49) \quad A_0 = T_o - A_1$$

$$(50) \quad A_1 = \frac{T_o - U_o}{1 + \frac{c \rho k_r (V - v)}{c_r \rho_r k v}}$$

$$(51) \quad p_1 = -\frac{6}{a} \cdot \left(\frac{kv}{c\rho(V-v)} + \frac{k_r}{c_r\rho_r} \right)$$

Тому що, у рівняння (48) входять чотири складових, котрі необхідно знайти, складається система з чотирьох рівнянь (52) для чотирьох незбіжних моментів часу

$$(52) \quad \begin{cases} T(t_1) = X_1 + X_2 \cdot t_1 + X_3 \cdot t_1^2 + X_4 \cdot t_1^3 \\ T(t_2) = X_1 + X_2 \cdot t_2 + X_3 \cdot t_2^2 + X_4 \cdot t_2^3 \\ T(t_3) = X_1 + X_2 \cdot t_3 + X_3 \cdot t_3^2 + X_4 \cdot t_3^3 \\ T(t_4) = X_1 + X_2 \cdot t_4 + X_3 \cdot t_4^2 + X_4 \cdot t_4^3 \end{cases}$$

де:

$T(t_1), T(t_2), T(t_3), T(t_4)$ – середня температура куска, визначена в моменти часу t_1, t_2, t_3, t_4 ,

Вирішивши систему рівнянь (52) відносно X_1, X_2, X_3, X_4 , і з огляду на те, що відношення $\frac{2X_3}{X_2} = p_1$, і при відомому вираженні для кореня характеристичного рівняння, визначаємо коефіцієнт об'ємного заповнення корисного компонента для контрольованого куска:

$$(53) \quad Kv = \frac{c\rho(X_3ac_r\rho_r + 3X_2k_r)}{c\rho(X_3ac_r\rho_r + 3X_2k_r) - 3X_2c_r\rho_rk},$$

і перевіряють умова

$$(54) \quad Kv > Kv_{пор};$$

де:

$Kv_{дон}$ – граничне значення коефіцієнта об'ємного заповнення корисного компонента.

У залежності від отриманого результату, кусок подається в зону дії пристрою, що по команді обчислювального комплексу здійснює сепарацію

вихідної сировини в залежності від кількісних показників вмісту корисного компонента.

Графік залежності коефіцієнта об'ємного заповнення корисного компонента від масової частки корисного компонента в контрольованому куску представлений на Фіг. 6, крива 59. Точка 60 відповідає граничному значенню коефіцієнта об'ємного заповнення корисного компонента, а точка 61 відповідає поточному значенню коефіцієнта об'ємного заповнення корисного компонента.

Приклад 1 реалізації четвертого способу.

Кусок містить два основних компоненти – магнетит і кварцит, піддається впливу НВЧ електромагнітного поля в плині 1 секунди. Фізичні параметри куска, що опромінюється, і НВЧ поля приведені в Таблиця 7.

Таблиця 7

Параметри	Одиниці виміру	Речовина	
		Магнетит	Кварцит
Відносна діелектрична проникність	-	68	0,1
Тангенс діелектричних утрат	-	0,4	0,009
Густина	Кг/ (м ³)	4700	3720
Теплоємність	Дж/ (°К · кГ)	600	920
Коефіцієнт тепловіддачі	Вт/ (°К · м ²)	10	10
Температура нагрівання	°К	283,5173	273,0003
Вага куска	Кг	1	
Початкова температура	°К	273	
Електрична напруженість НВЧ поля	В/м	4000	
Частота НВЧ поля	Гц	2450000000	
Час нагрівання	с	1	
Розмір зерна	м	0,000075	

Для граничного вмістом корисного компонента, рівного $Q_{пор} = 33\%$, визначаємо:

Вага корисного компонента – $m_r = M \cdot Q_{nop} = 1 \cdot 0,33 = 0,33 \text{ кг}$

Вага порожньої породи – $m = M \cdot (1 - Q_{nop}) = 1 \cdot (1 - 0,33) = 0,67 \text{ кг}$

$$A_{o_{nop}} = \frac{mk_r c T_o + m_r k c_r U_o}{mk_r c + m_r k c_r} =$$

$$= \frac{0,67 \cdot 10 \cdot 920 \cdot 273,0003 + 0,33 \cdot 10 \cdot 600 \cdot 283,5173}{0,67 \cdot 10 \cdot 920 + 0,33 \cdot 10 \cdot 600} = 275,557224^\circ K$$

$$A_{i_{nop}} = \frac{m_r k c_r (T_o - U_o)}{mk_r c + m_r k c_r} =$$

$$= \frac{0,33 \cdot 10 \cdot 600 \cdot (273,0003 - 283,5173)}{0,67 \cdot 10 \cdot 920 + 0,33 \cdot 10 \cdot 600} = -2,556937^\circ K$$

$$p_{i_{nop}} = -\frac{6}{a \rho_r} \cdot \left(\frac{m_r k}{m c} + \frac{k_r}{c_r} \right) =$$

$$= -\frac{6}{0,000075 \cdot 4700} \cdot \left(\frac{0,33 \cdot 10}{0,67 \cdot 920} + \frac{10}{600} \right) = -0,374814 \frac{1}{c}$$

У деяких чотирьох визначених моментах часу t_1, t_2, t_3, t_4 після припинення впливу НВЧ випромінювання, за допомогою термографічної системи визначаємо середні значення $T(t_i)$ температури контролюваного куска, що у даному прикладі склали:

моменти часу контролю – $t_1 = 1 \text{ с}; t_2 = 2 \text{ с}; t_3 = 3 \text{ с}; t_4 = 4 \text{ с};$

середні значення температури – $T(t_1) = 273,98^\circ K; T(t_2) = 274,64^\circ K;$
 $T(t_3) = 275,09^\circ K; T(t_4) = 275,39^\circ K;$

Для тих же моментів часу t_1, t_2, t_3, t_4 обчислюємо значення температур куска з граничним вмістом корисного компонента:

$$T_{nop}(t_1) = A_{o_{nop}} + A_{i_{nop}} e^{p_{i_{nop}} \cdot t_1} =$$

$$= 275,5572239 - 2,55693713 \cdot e^{-0,374814181} = 273,80^\circ K$$

$$T_{nop}(t_2) = A_{o_{nop}} + A_{i_{nop}} e^{p_{i_{nop}} \cdot t_2} =$$

$$= 275,5572239 - 2,55693713 \cdot e^{-0,374814182} = 274,35^\circ K$$

$$T_{nop}(t_3) = A_{o_{nop}} + A_{i_{nop}} e^{p_{i_{nop}} \cdot t_3} =$$

$$= 275,5572239 - 2,55693713 \cdot e^{-0,374814183} = 274,72^\circ K$$

$$T_{\text{нор}}(t_4) = A_{0\text{нор}} + A_{1\text{нор}} e^{p_{1\text{нор}} \cdot t_4} =$$

$$= 275,5572239 - 2,55693713 \cdot e^{-0,374814184} = 274,99^\circ K \quad \text{За отриманим}$$

значенням $T_{\text{нор}}(t_i)$ складаємо систему рівнянь:

$$\begin{cases} T_{\text{нор}}(t_1) = X_{1\text{нор}} + X_{2\text{нор}} \cdot t_1 + X_{3\text{нор}} \cdot t_1^2 + X_{4\text{нор}} \cdot t_1^3 \\ T_{\text{нор}}(t_2) = X_{1\text{нор}} + X_{2\text{нор}} \cdot t_2 + X_{3\text{нор}} \cdot t_2^2 + X_{4\text{нор}} \cdot t_2^3 \\ T_{\text{нор}}(t_3) = X_{1\text{нор}} + X_{2\text{нор}} \cdot t_3 + X_{3\text{нор}} \cdot t_3^2 + X_{4\text{нор}} \cdot t_3^3 \\ T_{\text{нор}}(t_4) = X_{1\text{нор}} + X_{2\text{нор}} \cdot t_4 + X_{3\text{нор}} \cdot t_4^2 + X_{4\text{нор}} \cdot t_4^3 \end{cases}$$

вирішивши яку, визначаємо значення $X_{2\text{нор}}$ і $X_{3\text{нор}}$

$$X_{2\text{нор}} = 0,90545 \quad ; \quad X_{3\text{нор}} = -0,13955$$

і по виразу (53) визначаємо граничне значення коефіцієнта об'ємного заповнення корисного компонента:

$$Kv_{\text{нор}} = \frac{c\rho(X_{3\text{нор}}ac_r\rho_r + 3X_{2\text{нор}}k_r)}{c\rho(X_{3\text{нор}}ac_r\rho_r + 3X_{2\text{нор}}k_r) - 3X_{2\text{нор}}c_r\rho_rk},$$

$$\begin{aligned} \Theta 1_{\text{нор}} &= c\rho(X_{3\text{нор}}ac_r\rho_r + 3X_{2\text{нор}}k_r) = \\ &= 920 \cdot 3720 \cdot ((-0,13955) \cdot 7,5 \cdot 10^{-5} \cdot 600 \cdot 4700 + 3 \cdot 0,90545 \cdot 10) = \\ &= -8049246,77 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Theta 2_{\text{нор}} &= 3X_{2\text{нор}}c_r\rho_rk = \\ &= 3 \cdot 0,90545 \cdot 600 \cdot 4700 \cdot 10 = 76601070,9 \end{aligned}$$

$$Kv_{\text{нор}} = \frac{\Theta 1_{\text{нор}}}{\Theta 1_{\text{нор}} - \Theta 2_{\text{нор}}} = \frac{-8049246,77}{-8049246,77 - 76601070,9} = 0,095088$$

Для зміряних значень $T(t_i)$ складаємо систему рівнянь:

$$\begin{cases} T(t_1) = X_1 + X_2 \cdot t_1 + X_3 \cdot t_1^2 + X_4 \cdot t_1^3 \\ T(t_2) = X_1 + X_2 \cdot t_2 + X_3 \cdot t_2^2 + X_4 \cdot t_2^3 \\ T(t_3) = X_1 + X_2 \cdot t_3 + X_3 \cdot t_3^2 + X_4 \cdot t_3^3 \\ T(t_4) = X_1 + X_2 \cdot t_4 + X_3 \cdot t_4^2 + X_4 \cdot t_4^3 \end{cases}$$

вирішивши яку, визначаємо значення X_2 і X_3

$$X_2 = 1,11727 \quad ; \quad X_3 = -0,17949$$

і по виразу (53) визначаємо значення коефіцієнта об'ємного заповнення корисного компонента контрольованого куска:

$$K_v = \frac{c\rho(X_3ac_r\rho_r + 3X_2k_r)}{c\rho(X_3ac_r\rho_r + 3X_2k_r) - 3X_2c_r\rho_rk},$$

$$\begin{aligned}\Theta 1 &= c\rho(X_3ac_r\rho_r + 3X_2k_r) = \\ &= 920 \cdot 3720 \cdot ((-0,17949) \cdot 7,5 \cdot 10^{-5} \cdot 600 \cdot 4700 + 3 \cdot 1,11727 \cdot 10) = \\ &= -15212483,49\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Theta 2 &= 3X_2c_r\rho_rk = \\ &= 3 \cdot 1,11727 \cdot 600 \cdot 4700 \cdot 10 = 94521258,62\end{aligned}$$

$$K_v = \frac{\Theta 1}{\Theta 1 - \Theta 2} = \frac{-15212483,4}{-15212483,4 - 94521258,6} = 0,138631$$

Перевіряємо умову: $K_v > K_{v_{\text{нор}}}$

Виходячи з отриманих значень, бачимо, що умова виконується:

$$0,138631 > 0,095088,$$

а контрольований кусок варто віднести до технологічного потоку кусків з корисним компонентом.

Приклад 2 реалізації четвертого способу.

Кусок містить два основних компоненти – гематит і кварцит, піддається впливу НВЧ електромагнітного поля протягом 2 секунд. Фізичні параметри куска, що опромінюється, і НВЧ поля приведені в Таблиця 8.

Таблиця 8

Параметри	Одиниці виміру	Речовина	
		Гематит	Кварцит
Відносна діелектрична проникність	-	48	6,8
Тангенс діелектричних утрат	-	0,2	0,009
Густина	КГ / (м ³)	5100	2660
Теплоємність	Дж / (°К · КГ)	630	850
Коефіцієнт тепловіддачі	Вт / (°К · м ²)	10	10
Температура нагрівання	°К	279,5159	273,0590
Вага куска	КГ	1	
Початкова температура	°К	273	
Електрична напруженість НВЧ поля	В/м	4000	
Частота НВЧ поля	Гц	2450000000	
Час нагрівання	с	2	
Розмір зерна	м	0,000075	

Для граничного вмістом корисного компонента, рівного $Q_{nop} = 42\%$, визначаємо:

$$\text{Вага корисного компонента} - m_r = M \cdot Q_{nop} = 1 \cdot 0,42 = 0,42 \text{ кг}$$

$$\text{Вага порожньої породи} - m = M \cdot (1 - Q_{nop}) = 1 \cdot (1 - 0,58) = 0,58 \text{ кг}$$

$$A_{o_{nop}} = \frac{mk_r c T_o + m_r k_c U_o}{mk_r c + m_r k_c} =$$

$$= \frac{0,58 \cdot 10 \cdot 850 \cdot 273,059 + 0,42 \cdot 10 \cdot 630 \cdot 279,5159}{0,58 \cdot 10 \cdot 850 + 0,42 \cdot 10 \cdot 630} = 275,314165^\circ \text{К}$$

$$A_{i_{nop}} = \frac{m_r k_c (T_o - U_o)}{mk_r c + m_r k_c} =$$

$$= \frac{0,42 \cdot 10 \cdot 630 \cdot (273,059 - 279,5159)}{0,58 \cdot 10 \cdot 850 + 0,42 \cdot 10 \cdot 630} = -2,255136^\circ \text{К}$$

$$pl_{nop} = -\frac{6}{a\rho_r} \cdot \left(\frac{m_r k}{mc} + \frac{k_r}{c_r} \right) =$$

$$= -\frac{6}{0,000075 \cdot 5100} \cdot \left(\frac{0,42 \cdot 10}{0,58 \cdot 850} + \frac{10}{630} \right) = -0,382624 \frac{1}{c}$$

У деяких чотирьох визначених моментах часу t_1, t_2, t_3, t_4 після припинення впливу НВЧ випромінювання, за допомогою термографічної системи визначаємо середні значення $T(t_i)$ температури контролюваного куска, що у даному прикладі склали:

моменти часу контролю – $t_1 = 1c$; $t_2 = 2c$; $t_3 = 3c$; $t_4 = 4c$;

середні значення температури – $T(t_1) = 273,67^\circ K$; $T(t_2) = 274,10^\circ K$;
 $T(t_3) = 274,40^\circ K$; $T(t_4) = 274,60^\circ K$;

Для тих же моментів часу t_1, t_2, t_3, t_4 обчислюємо значення температур куска з граничним вмістом корисного компонента:

$$T_{\text{нор}}(t_1) = A_{0\text{нор}} + A_{1\text{нор}} e^{p_{1\text{нор}} \cdot t_1} =$$

$$= 275,3141651 - 2,255136074 \cdot e^{-0,382624089 \cdot 1} = 273,78^\circ K$$

$$T_{\text{нор}}(t_2) = A_{0\text{нор}} + A_{1\text{нор}} e^{p_{1\text{нор}} \cdot t_2} =$$

$$= 275,3141651 - 2,255136074 \cdot e^{-0,382624089 \cdot 2} = 274,27^\circ K$$

$$T_{\text{нор}}(t_3) = A_{0\text{нор}} + A_{1\text{нор}} e^{p_{1\text{нор}} \cdot t_3} =$$

$$= 275,3141651 - 2,255136074 \cdot e^{-0,382624089 \cdot 3} = 274,60^\circ K$$

$$T_{\text{нор}}(t_4) = A_{0\text{нор}} + A_{1\text{нор}} e^{p_{1\text{нор}} \cdot t_4} =$$

$$= 275,3141651 - 2,255136074 \cdot e^{-0,382624089 \cdot 4} = 274,83^\circ K$$

За отриманим значенням $T_{\text{нор}}(t_i)$ складаємо систему рівнянь:

$$\begin{cases} T_{\text{нор}}(t_1) = X_{1\text{нор}} + X_{2\text{нор}} \cdot t_1 + X_{3\text{нор}} \cdot t_1^2 + X_{4\text{нор}} \cdot t_1^3 \\ T_{\text{нор}}(t_2) = X_{1\text{нор}} + X_{2\text{нор}} \cdot t_2 + X_{3\text{нор}} \cdot t_2^2 + X_{4\text{нор}} \cdot t_2^3 \\ T_{\text{нор}}(t_3) = X_{1\text{нор}} + X_{2\text{нор}} \cdot t_3 + X_{3\text{нор}} \cdot t_3^2 + X_{4\text{нор}} \cdot t_3^3 \\ T_{\text{нор}}(t_4) = X_{1\text{нор}} + X_{2\text{нор}} \cdot t_4 + X_{3\text{нор}} \cdot t_4^2 + X_{4\text{нор}} \cdot t_4^3 \end{cases}$$

вирішивши яку, визначаємо значення $X_{2\text{нор}}$ і $X_{3\text{нор}}$

$$X_{2\text{нор}} = 0,812867 \quad ; \quad X_{3\text{нор}} = -0,127169$$

і по виразу (53) визначаємо граничне значення коефіцієнта об'ємного заповнення корисного компонента:

$$Kv_{nop} = \frac{c\rho(X_{3nop}ac_r\rho_r + 3X_{2nop}k_r)}{c\rho(X_{3nop}ac_r\rho_r + 3X_{2nop}k_r) - 3X_{2nop}c_r\rho_rk},$$

$$\begin{aligned}\Theta 1_{nop} &= c\rho(X_{3nop}ac_r\rho_r + 3X_{2nop}k_r) = \\ &= 850 \cdot 2660 \cdot ((-0,127169) \cdot 7,5 \cdot 10^{-5} \cdot 630 \cdot 5100 + 3 \cdot 0,812867 \cdot 10) = \\ &= -14150810,03\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Theta 2_{nop} &= 3X_{2nop}c_r\rho_rk = \\ &= 3 \cdot 0,812867 \cdot 630 \cdot 5100 \cdot 10 = 78352249,63\end{aligned}$$

$$Kv_{nop} = \frac{\Theta 1_{nop}}{\Theta 1_{nop} - \Theta 2_{nop}} = \frac{-14150810,03}{-14150810,03 - 78352249,63} = 0,152977$$

Для вимірюваних значень $T(t_i)$ складаємо систему рівнянь:

$$\begin{cases} T(t_1) = X_1 + X_2 \cdot t_1 + X_3 \cdot t_1^2 + X_4 \cdot t_1^3 \\ T(t_2) = X_1 + X_2 \cdot t_2 + X_3 \cdot t_2^2 + X_4 \cdot t_2^3 \\ T(t_3) = X_1 + X_2 \cdot t_3 + X_3 \cdot t_3^2 + X_4 \cdot t_3^3 \\ T(t_4) = X_1 + X_2 \cdot t_4 + X_3 \cdot t_4^2 + X_4 \cdot t_4^3 \end{cases}$$

вирішивши яку, визначаємо значення X_2 і X_3

$$X_2 = 0,693136 \quad ; \quad X_3 = -0,104161$$

і по виразу (53) визначаємо значення коефіцієнта об'ємного заповнення корисного компонента контролюваного куска:

$$Kv = \frac{c\rho(X_3ac_r\rho_r + 3X_2k_r)}{c\rho(X_3ac_r\rho_r + 3X_2k_r) - 3X_2c_r\rho_rk},$$

$$\begin{aligned}\Theta 1 &= c\rho(X_3ac_r\rho_r + 3X_2k_r) = \\ &= 850 \cdot 2660 \cdot ((-0,104161) \cdot 7,5 \cdot 10^{-5} \cdot 630 \cdot 5100 + 3 \cdot 0,693136 \cdot 10) = \\ &= -9736303,468\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Theta 2 &= 3X_2c_r\rho_rk = \\ &= 3 \cdot 0,693136 \cdot 630 \cdot 5100 \cdot 10 = 66811414,71\end{aligned}$$

$$Kv = \frac{\Theta 1}{\Theta 1 - \Theta 2} = \frac{-9736303,468}{-9736303,468 - 66811414,71} = 0,127193$$

Перевіряємо умову: $Kv > Kv_{nop}$

Виходячи з отриманих значень, бачимо, що умова не виконується:

$$0,127193 < 0,152977,$$

а контрольований кусок варто віднести до технологічного потоку кусків з порожньою породою.

Спосіб, що заявляється, може бути використаний у технологічних процесах кускової сепарації сировини при збагаченні руд чорних і кольорових металів, гірничо-хімічної сировини і техногенних відходів з визначеним гранулометричним складом кусків.

Внутрішній склад кусків сировини може бути бінарним (що складається з двох фаз) чи квазібінарним і являти собою гетерогенну матричну систему чи гетерогенної систему типу статистична суміш, з ізотропною (квазіізотропною) чи анізотропною макроструктурою.

Спосіб, що заявляється, може використовуватися на початкових етапах у технологіях збагачення (попереднє збагачення) і підготовки кускової сировини до подальшого переділу, наприклад, для попередньої кускової сепарації видобутої сировини в умови підземного способу розробки корисних копалин безпосередньо на місці видобутку (у вибої), для попередньої кускової сепарації вихідної сировини, при переробці техногенних відходів, а також на кінцевих стадіях збагачення в тих технологіях, де кінцевим продуктом збагачення є кусковий матеріал із заданими фізико-хімічними властивостями, (наприклад, доменний кусок, мартенівський кусок і т.д.).

П'ятий спосіб може бути реалізований на прикладі збагачення вихідної металовміщуючої сировини, руд чорних чи кольорових металів. Заявлений спосіб забезпечує сепарацію вихідної сировини на два потоки: один потік з вмістом корисного компонента вище заданого значення, а інший потік з вмістом корисного компонента нижче заданого значення. Сепарації може піддаватися вихідна сировина отримана, як безпосередньо після обвалення гірничої маси в циклі гірничих робіт при видобутку корисної копалини, так і

сировина у вигляді гірничої маси, яка підділася додатковому дробленню до заданих розмірів середнього куска, або сировина техногенного походження.

Вихідний потік сировини з дозуючого навантажувального пристрою надходить на конвеєр. Обчислювальний пристрій через вихідний інтерфейс і систему керування формує сигнал керування пристроєм дозованої подачі куска на конвеєр і сигнал керування на систему керування електропривода конвеєра. Конвеєр подає кусок у зону нагрівання установки НВЧ, що забезпечує по команді обчислювального пристрою необхідну потужність електромагнітного випромінювання.

Кусок сировини, що складається з корисного компонента і порожньої породи, опромінюється НВЧ електромагнітним полем частотою f , напруженістю E_m протягом часу t_H .

Після припинення дії НВЧ електромагнітного поля процес теплообміну між корисним компонентом і порожньою породою описується системою диференціальних рівнянь (14) з початковими умовами U_o і T_o :

Рішенням системи диференціальних рівнянь (14) є вираз (15) і (16):

Вираховуючи з виразу (15), вираз (16) відповідно ліві і праві частини і підставляючи значення коефіцієнта A_1 (вираз (18) і кореня характеристичного рівняння P_1 (вираз (21)), одержимо залежність у часі (див. Фіг. 5, крива 58) перевищення температури корисного компонента над температурою порожньої породи контрольованого куска після припинення впливу НВЧ електромагнітного поля, що буде визначатися виразом:

$$(55) \Delta T(t) = (U_o - T_o) e^{-\frac{6}{a\rho_r} \left(\frac{m_r k}{mc} + \frac{k_r}{c_r} \right) t}$$

Вирішивши рівняння (55) відносно $\frac{m_r}{m}$ одержимо вираз для визначення значень $\frac{m_r}{m}$ у будь-який момент часу після припинення впливу НВЧ електромагнітного поля на контрольований кусок:

$$(56) \quad \frac{m_r}{m} = \frac{cc_r \ln \left(\frac{U_o - T_o}{\Delta T(t)} \right) - \frac{6}{a\rho_r} ck_r t}{\frac{6}{a\rho_r} c_r kt}$$

Після реєстрації термографічною установкою (тепловізором) теплового зображення контрольованого куска в момент часу t_K , по якому визначаються максимальна $T_{\max}(t_K)$ і мінімальна $T_{\min}(t_K)$ температури контрольованого куска.

У момент часу t_K , значення $\frac{m_r}{m}$ в контрольованому куску можна визначити по виразу:

$$(57) \quad \frac{m_r}{m} = \frac{cc_r \ln \left(\frac{U_o - T_o}{\Delta T(t_K)} \right) - \frac{6}{a\rho_r} ck_r t_K}{\frac{6}{a\rho_r} c_r kt_K}$$

де:

$$(58) \quad \Delta T(t_K) = T_{\max}(t_K) - T_{\min}(t_K)$$

При відомому співвідношенні $\frac{m_r}{m}$, масова частка корисного компонента в куску визначається виразом:

$$(59) \quad Q = \frac{\frac{m_r}{m}}{\frac{m_r}{m} + 1},$$

Підставляючи у вираз (59) значення виражень (57) і (58), одержимо вираз для визначення вмісту корисного компонента в контрольованому куску:

$$(60) \quad Q = \frac{cc_r \ln\left(\frac{U_o - T_o}{\Delta T(t_K)}\right) - \frac{6k_r c t_K}{a\rho_r}}{cc_r \ln\left(\frac{U_o - T_o}{\Delta T(t_K)}\right) + \frac{6(kc_r - k_r c)t_K}{a\rho_r}}$$

Після визначення масової частки корисного компонента, перевіряємо умову:

$$Q > Q_{\text{пор}}$$

У залежності від отриманого результату, кусок подається в зону дії пристрою, що по команді обчислювального комплексу здійснює сепарацію вихідної сировини в залежності від кількісних показників вмісту корисного компонента.

Приклад 1 реалізації п'ятого способу.

Кусок містить два основних компоненти – магнетит і кварцит, піддається впливу НВЧ електромагнітного поля в плинні 1 секунди. Фізичні параметри куска, що опромінюється, і НВЧ поля приведені в Таблиця 9.

Таблиця 9

Параметри	Одиниці виміру	Речовина	
		Магнетит	Кварцит
Відносна діелектрична проникність	-	68	0,1
Тангенс діелектричних утрат	-	0,4	0,009
Густина	кг/ (м ³)	4700	3720
Теплоємність	Дж/ (°К · кг)	600	920
Коефіцієнт тепловіддачі	Вт/ (°К · м ²)	10	10
Температура нагрівання	°К	283,5173	273,0003
Початкова температура	°К	273	
Електрична напруженість НВЧ поля	В/м	4000	
Частота НВЧ поля	Гц	2450000000	
Час нагрівання	с	1	
Розмір зерна	м	0,000075	

Граничний вміст корисного компонента приймаємо $Q_{\text{нор}} = 33\%$.

По витіканню деякого відомого проміжку часу, наприклад $t_k = 2$ секунди, за допомогою термографічної системи реєструють теплове зображення контрольованого куска, по якому визначають різницю максимальної і мінімальної температур $\Delta T(t_k)$.

Нехай різниця максимальної і мінімальної температур $\Delta T(t_k) = 4,8$ °К

По формулі (60) визначаємо масову частку вмісту корисного компонента в куску:

$$\begin{aligned}
 Q &= \frac{cc_r \cdot \ln\left(\frac{U_o - T_o}{\Delta T(t_k)}\right) - \frac{6 \cdot k_r \cdot c \cdot t_k}{a \cdot \rho_r}}{cc_r \cdot \ln\left(\frac{U_o - T_o}{\Delta T(t_k)}\right) + \frac{6 \cdot (k \cdot c_r - k_r \cdot c) \cdot t_k}{a \cdot \rho_r}} = \\
 &= \frac{600 \cdot 920 \cdot \ln\left(\frac{283,5173 - 273,0003}{4,8}\right) - \frac{6 \cdot 10 \cdot 920 \cdot 2}{0,000075 \cdot 4700}}{600 \cdot 920 \cdot \ln\left(\frac{283,5173 - 273,0003}{4,8}\right) + \frac{6 \cdot (10 \cdot 600 - 10 \cdot 920) \cdot 2}{0,000075 \cdot 4700}} \cdot 100\% = 36,97\%
 \end{aligned}$$

Перевіряємо умову: $Q > Q_{\text{нор}}$

Виходячи з отриманих значень, бачимо, що умова виконується:

$$36,97\% > 33\%$$

а контрольований кусок варто віднести до технологічного потоку кусків з корисним компонентом.

Приклад 2 реалізації п'ятого способу.

Кусок містить два основних компоненти – гематит і кварцит, піддається впливу НВЧ електромагнітного поля в плинні 2 секунд. Фізичні параметри куска, що опромінюється, і НВЧ поля приведені в Таблиця 1.

Таблиця 10

Параметри	Одиниці виміру	Речовина	
		Гематит	Кварцит
Відносна діелектрична проникність	-	48	6,8
Тангенс діелектричних утрат	-	0,2	0,009
Густина	КГ/ (м ³)	5100	2660
Теплоємність	Дж/°К · КГ)	630	850
Коефіцієнт тепловіддачі	Вт/°К · м ²)	10	10
Температура нагрівання	°К	279,5159	273,0590
Діелектрична постійна	Ф/м	8,8541878E-12	
Початкова температура	°К	273	
Електрична напруженість НВЧ поля	В/м	4000	
Частота НВЧ поля	Гц	2450000000	
Час нагрівання	с	2	
Розмір зерна	м	0,000075	

Граничний вміст корисного компонента приймаємо $Q_{пор} = 42\%$.

По витіканню деякого відомого проміжку часу, наприклад $t_k = 2$ секунди, за допомогою термографічної системи реєструють теплове зображення контрольованого куска, по якому визначають різницю максимальної і мінімальної температур $\Delta T(t_k)$.

Нехай різниця максимальної і мінімальної температур $\Delta T(t_k) = 3,1$ °К

По формулі (60) визначаємо масову частку вмісту корисного компонента в куску:

$$Q = \frac{cc_r \cdot \ln\left(\frac{U_o - T_o}{\Delta T(t_K)}\right) - \frac{6 \cdot k_r \cdot c \cdot t_K}{a \cdot \rho_r}}{cc_r \cdot \ln\left(\frac{U_o - T_o}{\Delta T(t_K)}\right) + \frac{6 \cdot (k \cdot c_r - k_r \cdot c) \cdot t_K}{a \cdot \rho_r}} =$$

$$= \frac{630 \cdot 850 \cdot \ln\left(\frac{279,5159 - 273,059}{3,1}\right) - \frac{6 \cdot 10 \cdot 850 \cdot 2}{0,000075 \cdot 5100}}{630 \cdot 850 \cdot \ln\left(\frac{279,5159 - 273,059}{3,1}\right) + \frac{6 \cdot (10 \cdot 630 - 10 \cdot 850) \cdot 2}{0,000075 \cdot 5100}} \cdot 100\% = 38,98\%$$

Перевіряємо умову: $Q > Q_{пор}$

Виходячи з отриманих значень, бачимо, що умова виконується:

$$38,98\% < 42\%$$

а контрольований кусок варто віднести до технологічного потоку кусків з корисним компонентом.

Спосіб, що заявляється, може бути використаний у технологічних процесах кускової сепарації сировини при збагаченні руд чорних і кольорових металів, гірничо-хімічної сировини і техногенних відходів з визначеним гранулометричним складом кусків.

Внутрішній склад кусків сировини може бути бінарним (що складається з двох фаз) чи квазібінарним і являти собою гетерогенну систему типу статистична суміш, з анізотропною макроструктурою.

Спосіб, що заявляється, може використовуватися на початкових етапах у технологіях збагачення (попереднє збагачення) і підготовки кускової сировини до подальшого переділу, наприклад, для попередньої кускової сепарації добитої сировини в умови підземного способу розробки корисних копалин безпосередньо на місці видобутку (у вибої), для попередньої кускової сепарації вихідної сировини при переробці техногенних відходів, а також на кінцевих стадіях збагачення в тих технологіях, де кінцевим

продуктом збагачення є кусковий матеріал із заданими фізико-хімічними властивостями, (наприклад, доменний кусок, мартенівський кусок і т.д.).

Перший пристрій містить пристрій дозованої подачі кусків вихідної сировини 1, що складає (див. Фіг. 1 і Фіг. 2) з: прийомного бункера 2, живильника 3 з електроприводом 4 і системою керування електроприводом живильника 5, і валкового розкладника 6; конвеєра 9 з електроприводом 7 і системою керування електроприводом конвеєра 8; установку НВЧ випромінювання 10 із системою керування 11 і камерою НВЧ нагрівання 26; термографічну систему 12 з термодатчиками 13; вхідний інтерфейс 14, обчислювальний пристрій 15, вихідний інтерфейс 16; формувач імпульсів керування 17 електропневмоклапаном 18, блок тимчасової затримки 19, пристрій порівняння 20; світловий вузьконаправлений випромінювач 21, фотоприймач 22; датчик положення 23; розділовий пристрій із приймачами порожньої породи 24 і концентрату 25. При цьому вихід термографічної системи 12 з'єднаний з першим входом вхідного інтерфейсу 14, вихід якого з'єднаний через обчислювальний пристрій 15 із входом вихідного інтерфейсу 16; перший вихід вихідного інтерфейсу 16 з'єднаний з першим входом пристрою порівняння 20, другий вхід якого з'єднаний з виходом фотоприймача 22 світлового випромінювача 21, а вихід через блок тимчасової затримки 19 і формувач імпульсів 17 з'єднаний із входом електропневмоклапана 18; другий вихід вихідного інтерфейсу 16 з'єднаний із системою керування електроприводом живильника 5 пристрою дозованої подачі кусків вихідної сировини, третій вихід вихідного інтерфейсу 16 з'єднаний через систему керування 11 із входом установки НВЧ випромінювання 10 приєднаної до камери НВЧ нагрівання; четвертий вихід вихідного інтерфейсу 16, з'єднаний із системою керування електроприводом конвеєра 8 електропривода 7 конвеєра 9, на валу якого встановлений датчик положення 23, з'єднаний із другим входом вхідного інтерфейсу 14.

Куски вихідної сировини, що складаються з корисного компонента і порожньої породи, у камері НВЧ нагрівання опромінюється електромагнітним полем частотою f , обумовленої по формулі (8), напруженістю E_m протягом часу t_H . За час нагрівання корисний компонент нагріється до температури U_o , обумовленої по виразу (12), а порожня порода до температури T_o , обумовлена по виразу (13).

Після припинення впливу електромагнітного НВЧ поля процес теплообміну між корисним компонентом і порожньою породою буде спрямований на вирівнювання температур між корисним компонентом і порожньою породою. Характер цього процесу і його параметрів будуть визначатися властивостями корисного компонента і порожньої породи і співвідношенням їхніх масових часток.

Вимірюючи за допомогою термодатчиків і термографічної системи параметри теплообмінного процесу, визначаємо масову частку корисного компонента в контрольованому куску і порівнюємо з граничним значенням.

По результаті порівняння формується відповідний вплив, що сортує, на контрольований кусок.

Приклад 1 реалізації першого пристрою.

Перший пристрій, як варіант реалізації, схема якого представлена на Фіг. 1, працює в таким чином.

Обчислювальний пристрій 15 через вихідний інтерфейс 16 і систему керування електроприводом конвеєра 8 запускає електропривод 7 конвеєра 9. При досягненні заданої швидкості конвеєрної стрічки, що обчислюється на підставі даних, що надходять через вхідний інтерфейс 14 від датчика положення конвеєра 23, обчислювальний пристрій 15 через вихідний інтерфейс 16 і систему керування приводом живильника 5 запускає електропривод 4 живильника 3, за допомогою якого куски сировини 1 із

приймального бункера 2 подаються на валковий розкладник 6. Переміщуючись по валковому розкладнику, куски сировини розподіляються по поверхні валкового розкладника в один шар, забезпечуючи тим самим одношарове завантаження конвеєра 9. Одночасно, обчислювальний пристрій 15 через вихідний інтерфейс 16 і систему керування установкою НВЧ 11 запускає установку НВЧ випромінювання 10 і задає необхідну потужність НВЧ опромінення.

НВЧ енергія з установки НВЧ випромінювання 10 надходить у камеру НВЧ нагрівання 26, що встановлена на конвеєрі 9 таким чином, що куски сировини, переміщуючись конвеєром 9, попадають у камеру НВЧ нагрівання 26 і піддаються впливу НВЧ електромагнітного поля. Знаходячись у камері НВЧ нагрівання 26, куски сировини нагріваються до температури, значення якої обумовлюється властивостями матеріалу кусків і часом впливу НВЧ електромагнітного поля. Час впливу НВЧ електромагнітного поля на куски сировини в даному пристрої можна визначити з виразу:

$$\Delta t_H = \frac{l_H}{V_K} \text{ (с);}$$

де:

Δt_H – час впливу НВЧ електромагнітного поля на контрольовані куски (секунди);

l_H – довжина зони впливу НВЧ електромагнітного поля на контрольовані куски по векторі швидкості конвеєрної стрічки (м);

V_K – швидкість конвеєрної стрічки (м/с).

Через деякий не нульовий час t_K після припинення впливу НВЧ електромагнітного поля на кусок сировини, він попадає в зону контролю термодатчиків 13, де за допомогою термографічної системи 12 здійснюється фіксація теплової картини контрольованого куска. Вихідний сигнал

термографічної установки 12 через вхідний інтерфейс 14 надходить в обчислювальний пристрій 15, що визначає масову частку корисного компонента в контрольованому куску відповідно до формули (60).

$$Q = \frac{cc_r \ln \left(\frac{U_o - T_o}{\Delta T(t_K)} \right) - \frac{6 \cdot k_r \cdot c \cdot t_K}{a \cdot \rho_r}}{cc_r \ln \left(\frac{U_o - T_o}{\Delta T(t_K)} \right) + \frac{6 \cdot (k \cdot c_r - k_r \cdot c) \cdot t_K}{a \cdot \rho_r}}$$

і перевіряють умову: $Q \geq Q_{\text{нор}}$

Час контролю t_K в даному пристрої можна визначити з виразу:

$$t_K = \frac{l_K}{V_K} \text{ (с)}$$

де:

l_K – відстань від кінця зони впливу НВЧ електромагнітного поля до зони фіксації картини теплового випромінювання термографічною установкою (м).

При перевищенні масової частки корисного компонента в контрольованому куску деякого заданого граничного значення, після досягнення шматком точки падіння з конвеєра 9, контрольованої за допомогою датчика положення 23, обчислювальний пристрій 15 з витримкою часу небагато меншої, чим час падіння куска від точки падіння з конвеєра до точки перетинання з тонким променем від світлового випромінювача 21, через вихідний інтерфейс 16 видає сигнал, що дозволяє, на пристрій порівняння 20. При перетинанні куском тонкого променя від світлового випромінювача 21, на виході фотоприймача 22 формується сигнал, що подається на другий вхід пристрою порівняння 20. При збігу сигналів на обох входах пристрою, що порівнює, 20, на його виході формується сигнал, що з витримкою часу, обумовленим часом прольоту куска від світлового

випромінювача 21 до осі електропневмоклапана 18 і тимчасової затримки, що задається блоком, 19, через формувач імпульсів керування 17, відкриває електропневмоклапан 18. При відкритті електропневмоклапана на виході сопла формується повітряний струмінь, під впливом якого змінюється траєкторія руху куска так, що він попадає в приймач концентрату 25.

Якщо масова частка корисного компонента в контрольованому куску не перевищує заданого граничного значення, то обчислювальний пристрій 15 видає сигнал, що дозволяє, на пристрій порівняння 20 і при перетинанні куском тонкого променя від світлового випромінювача 21, на його виході сигнал не виникає, у результаті чого електропневмоклапан не відкривається, і кусок не змінює траєкторію руху, що забезпечує влучення його в приймач порожньої породи 24.

Приклад 2 реалізації першого пристрою.

Перший пристрій, як варіант реалізації, схема якого представлена на Фіг. 2, працює в таким чином.

Обчислювальний пристрій 15 через вихідний інтерфейс 16 і систему керування електроприводом конвеєра 8 запускає електропривод 7 конвеєра 9. Одночасно, обчислювальний пристрій 15 через вихідний інтерфейс 16 і систему керування установкою НВЧ 11 запускає установку НВЧ випромінювання 10 і задає необхідну потужність НВЧ опромінення. НВЧ енергія з установки НВЧ випромінювання 10 надходить у камеру НВЧ нагрівання 26, що встановлена на випускному пристрої (тічці) прийомного бункера 2 таким чином, що куски сировини з прийомного бункера, переміщаючись, попадають у камеру НВЧ нагрівання 26 і піддаються впливу НВЧ електромагнітного поля.

При досягненні заданої швидкості конвеєрної стрічки, що обчислюється на підставі даних, що надходять через вхідний інтерфейс 14 від датчика положення конвеєра 23, обчислювальний пристрій 15 через вихідний

інтерфейс 16 і систему керування приводом живильника 5 запускає електропривод 4 живильник 3, за допомогою якого нагріті НВЧ полем куски сировини, з випускного пристрою (тічки) прийомного бункера 2 подаються на валковий розкладник 6. Переміщуючись по валковому розкладнику, нагріті куски сировини розподіляються по поверхні валкового розкладника в один шар, забезпечуючи тим самим одношарове завантаження конвеєра 9.

Знаходячись у камері НВЧ нагрівання 26, куски сировини нагріваються до температури, значення якої обумовлюється властивостями матеріалу кусків і часом впливу НВЧ електромагнітного поля. Час впливу НВЧ електромагнітного поля на куски сировини в даному пристрої можна визначити з виразу:

$$t_H = \frac{l_T}{V_T} \text{ (с);}$$

де:

t_H – час впливу НВЧ електромагнітного поля на контрольовані куски (секунди);

l_T – довжина зони впливу НВЧ електромагнітного поля на куски вихідної сировини у випускному пристрої (тічці) прийомного бункера (м);

V_T – середня швидкість переміщення кусків сировини у випускному пристрої (тічці) прийомного бункера (м/с).

Через деякий проміжок часу, після припинення впливу НВЧ електромагнітного поля на кусок сировини, він попадає в зону контролю термодатчиків 13, де за допомогою термографічної системи 12 здійснюється фіксація теплової картини контрольованого куска, по якій визначається середня температура контрольованого куска.

Значення проміжку часу від моменту припинення впливу НВЧ електромагнітного поля до моменту фіксації теплової картини

контрольованого куска повинний бути не менше Δt_K , обумовленого по виразу (26).

Вихідний сигнал термографічної системи 12 через вхідний інтерфейс 14 надходить в обчислювальний пристрій 15, що визначає масову частку корисного компонента в контрольованому куску відповідно до формули (25)

$$Q = \frac{(T_U - T_O)c}{U_O c_r - T_U(c_r - c) - T_O c},$$

і перевіряють умову

$$Q \geq Q_{\text{пор}}$$

При перевищенні масової частки корисного компонента в контрольованому куску деякого заданого граничного значення, після досягнення шматком точки падіння з конвеєра 9, контрольованої за допомогою датчика положення 23, обчислювальний пристрій 15 з витримкою часу небагато меншої, чим час падіння куска від точки падіння з конвеєра до точки перетинання з тонким променем від світлового випромінювача 21, через вихідний інтерфейс 16 видає сигнал, що дозволяє, на пристрій порівняння 20. При перетинанні куском тонкого променя від світлового випромінювача 21, на виході фотоприймача 22 формується сигнал, що подається на другий вхід пристрою порівняння 20. При збігу сигналів на обох входах пристрою, що порівнює, 20, на його виході формується сигнал, що з витримкою часу, обумовленої часом прольоту куска від світлового випромінювача 21 до вісі електропневмоклапана 18 і тимчасової затримки, що задається блоком 19, через формувач імпульсів керування 17, відкриває електропневмоклапан 18. При відкритті електропневмоклапана на виході сопла формується повітряний струмінь, під впливом якої змінюється траєкторія руху куска так, що він попадає в приймач концентрату 25.

Якщо масова частка корисного компонента в контрольованому куску не перевищує заданого граничного значення, то обчислювальний пристрій 15 не

видає сигнал, що дозволяє, на пристрій порівняння 20 і при перетинанні куском тонкого променя від світлового випромінювача 21, на його виході сигнал не виникає, у результаті чого електропневмоклапан не відкривається, і кусок не змінює траєкторію руху, що забезпечує влучення його в приймач порожньої породи 24.

До складу пристрою, що заявляється, входять окремі вузли загальнопромислового застосування і спеціальне устаткування, що випускається промисловістю і наявне на ринку. Для виготовлення пристрою, що заявляється, не потрібна розробка й освоєння випуску нового обладнання. Для створення пристрою, що заявляється, необхідна інженерна розробка алгоритмів його функціонування, програмного забезпечення для обчислювального пристрою і сполучення вузлів загальнопромислового і спеціального призначення.

Другий пристрій, схема якого представлена на Фіг. 3, містить пристрій дозованої подачі кусків вихідної сировини 26, що складає з: прийомного бункера 27, шнекового живильника 28 з електроприводом 29 і системою керування електроприводом шнекового живильника 30; конвеєр 34 з електроприводом 32 і системою керування електроприводом конвеєра 33; камеру НВЧ нагрівання 51, яка містить валковий розкладник 31 із валків 54 з термостійкого діелектрика, між якими розташовуються елементи гребінки, що сповільнює 55; установку НВЧ випромінювання 35 з елементом уведення НВЧ енергії 52, вузлом вивантаження кусків 53 з камери НВЧ нагрівання, систему керування установкою НВЧ 36; термографічну систему 37 з термодатчиками 38; вхідний інтерфейс 39, обчислювальний пристрій 40, вихідний інтерфейс 41; формувач імпульсів керування 42 електропневмоклапаном 43, блок тимчасової затримки 44, пристрій порівняння 45; світловий вузьконаправлений випромінювач 46, фотоприймач

47; датчик положення 48; розділовий пристрій із приймачами порожньої породи 49 і концентрату 50.

При цьому вихід термографічної системи 37 з'єднаний з першим входом вхідного інтерфейсу 39, вихід якого з'єднаний через обчислювальний пристрій 40 із входом вихідного інтерфейсу 41; перший вихід вихідного інтерфейсу 41 з'єднаний з першим входом пристрою порівняння 45, другий вхід якого з'єднаний з виходом фотоприймача 47 світлового випромінювача 46, а вихід пристрою порівняння 45 через блок тимчасової затримки 44 і формувач імпульсів 42 з'єднаний із входом електропневмоклапана 43; другий вихід вихідного інтерфейсу 41 з'єднаний із системою керування електроприводом живильника 30 пристрою дозованої подачі, третій вихід вихідного інтерфейсу 41 з'єднаний через систему керування установкою НВЧ 36 з установкою НВЧ випромінювання 35, а вихід її через елемент уведення НВЧ енергії 52 приєднаний до камери НВЧ нагрівання 51; четвертий вихід вихідного інтерфейсу 41, з'єднаний із системою керування електроприводом конвеєра 33 електропривода 32 конвеєра 34, на валу якого встановлений датчик положення 48, з'єднаний із другим входом вхідного інтерфейсу 39.

Для виключення витoku НВЧ енергії в зовнішній простір розміри вузла вивантаження кусків 53 вибираються такими, щоб він мав властивості позамежного хвилеводу. Крім того, для зменшення витоків НВЧ енергії в момент вивантаження кусків з установки НВЧ випромінювання 35, вузол вивантаження кусків 53 утримуючий чвертьхвильові відбивні осередки.

Для рівномірного нагрівання куска з усіх боків у камері НВЧ нагрівання 51 забезпечується існування непарних гармонік вищих порядків. Це забезпечується шляхом вибору геометричних розмірів камери НВЧ нагрівання, кратних не цілому числу довжин хвиль. Для підвищення напруженості поля і зниження втрат електроенергії в камері НВЧ нагрівання використовується система, що сповільнює, гребінчастої структури 55, яка розташована між валками 54 валкового розкладника 31. Всі елементи

гребінки 55, що сповільнює, мають висоту рівну чверті довжини хвилі і встановлені на відстані між собою, так само рівному чверті довжини хвилі НВЧ випромінювання.

Приклад реалізації другого пристрою.

Другий пристрій, як варіант реалізації, схема якого представлена на Фіг. 3, працює в таким чином.

Обчислювальний пристрій 40 через вихідний інтерфейс 41 і систему керування електроприводом конвеєра 33 запускає електропривод 32 конвеєра 34 і валковий розкладник 31. При досягненні заданої швидкості конвеєрної стрічки, що обчислюється на підставі даних, що надходять через вхідний інтерфейс 39 від датчика положення конвеєра 48, обчислювальний пристрій 40 через вихідний інтерфейс 41 і систему керування приводом живильника 30 запускає електропривод 29, живильник 28 і одночасно, обчислювальний пристрій 40 через вихідний інтерфейс 41 і систему керування установкою НВЧ 36 запускає установку НВЧ випромінювання 35 і задає необхідну потужність НВЧ опромінення. Куски сировини з прийомного бункера 27 подаються на валковий розкладник 31, переміщаючись по ньому розподіляються по поверхні валкового розкладчика в один шар, забезпечуючи тим самим одношарове завантаження конвеєра 34, і одночасно, піддаючись впливу енергії НВЧ електромагнітного поля, що надходить у камеру НВЧ нагрівання 51 з установки НВЧ випромінювання 35 через елемент уведення НВЧ енергії 52.

Знаходячись у зоні впливу НВЧ електромагнітного поля, куски сировини нагріваються до температури, значення якої обумовлюється властивостями матеріалу кусків і часом впливу НВЧ електромагнітного поля. Час впливу НВЧ електромагнітного поля на куски сировини в даному пристрої задається з умови необхідного рівня нагрівання кусків сировини і

визначаються швидкістю конвеєра 34, що повинна бути погоджена з продуктивністю живильника 28.

Сигнал з датчика положення конвеєра 48 через вхідний інтерфейс 39 надходить в обчислювальний пристрій 40, що через вихідний інтерфейс 41 формує такий сигнал керування на систему керування електропривода конвеєра 33 і відповідний сигнал керування на систему керування електроприводом живильника 30, що забезпечують погоджені швидкості електропривода конвеєра 32 і електропривода живильника 29, що забезпечують перебування кусків сировини в камері НВЧ нагрівання 51 заданий час.

Необхідна лінійна швидкість конвеєрної стрічки V_K може бути визначена по формулі:

$$V_K = \frac{L_H}{t_H} ; (м/с)$$

де:

t_H - час впливу електромагнітного випромінювання на контрольований кусок, визначається по формулі (11) (секунди);

L_H - еквівалентний лінійний розмір зони опромінення НВЧ електромагнітним полем уздовж вектора швидкості переміщення кусків (м).

Після проходження вузла вивантаження кусків 53, нагріті куски сировини попадають у зону дії термодатчиків 38, за допомогою термографічної системи 37 здійснюється фіксація теплової картини контрольованих кусків. Вихідний сигнал термографічної системи 37 через вхідний інтерфейс 39 надходить в обчислювальний пристрій 40, що по тепловій картині куска визначає середню температуру куска, а потім масову частку корисного компонента в контрольованому куску відповідно до формули (46).

$$Q = \frac{\rho_r A e}{\rho_r A e - \rho A e_r},$$

і перевіряється умова:

$$Q \geq Q_{пор}$$

При перевищенні масової частки корисного компонента в контрольованому куску деякого заданого граничного значення, після досягнення їм точки падіння з конвеєра 34, контрольованої за допомогою датчика положення 48, обчислювальний пристрій 40 з витримкою часу небагато меншої, чим час падіння куска від точки падіння на конвеєрі до точки перетинання з тонким променем від світлового випромінювача 46, через вихідний інтерфейс 41 видає сигнал, що дозволяє, на пристрій порівняння 45. При перетинанні куском тонкого променя від світлового випромінювача 46, на виході фотоприймача 47 виникає сигнал, що подається на другий вхід пристрою порівняння 45. При збігу сигналів на обох входах пристрою, що порівнює, 45, на його виході формується сигнал, що з витримкою часу, обумовленої часом прольоту куска від світлового випромінювача 46 до осі електропневмоклапана 43 і тимчасової затримки, що задається блоком 44, через формувач імпульсів керування 42, відкриває електропневмоклапан 43. При відкритті електропневмоклапана на виході сопла формується повітряний струмінь, під впливом якого змінюється траєкторія руху куска так, що він попадає в приймач концентрату 50. Якщо масова частка корисного компонента в контрольованому куску не перевищує заданого граничного значення, то обчислювальний пристрій 40 не видає сигнал, що дозволяє, на пристрій порівняння 45 і на його виході сигнал не виникає, у результаті чого електропневмоклапан не відкривається, і кусок не змінює траєкторію руху, що забезпечує влучення його в приймач порожньої породи 49.


Запропоновані способи і пристрої термографічної кускової сепарації дозволяють значно поліпшити технологічні показники збагачення сировини.

Як показали дослідження й випробування пропонованих способів і пристроїв кускової сепарації, вони дозволяють забезпечити при однакових умовах і навантаженнях збільшення вмісту корисного компонента з 6% - 10% до 18% - 25%, приріст масової частки корисного компонента на 4,5% при зменшенні вмісту корисного компонента в «хвостах» до 3%, знизити загальні витрати електроенергії на 5% за рахунок зниження засмічення сировини в процесі її збагачення.

До складу пристрою, що заявляється, входять окремі вузли загальнопромислового застосування і спеціальне устаткування, що випускається промисловістю і наявне на ринку. Для виготовлення пристрою, що заявляється, не потрібна розробка й освоєння випуску нового обладнання спеціально призначеного для створення пристрою. Для створення пристрою, що заявляється, необхідна інженерна розробка алгоритмів його функціонування, програмного забезпечення для обчислювального пристрою і сполучення вузлів загальнопромислового і спеціального призначення.

Заявники:

 В. М. Волошин

 В. Ю. Зубкевич

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Спосіб термографічної кускової сепарації сировини, що включає поштучну подачу кусків сировини, опромінення їх електромагнітним випромінюванням надвисокої частоти, реєстрацію наведеного випромінювання, визначення наявності корисного компонента, порівняння масової частки корисного компонента в куску з її граничним значенням і по отриманому результату поділ кусків на корисний продукт і порожню породу, який відрізняється тим, що, кожен кусок сировини опромінюють електромагнітним випромінюванням надвисокої частоти, потім після припинення опромінення і загасання теплообмінних процесів між компонентами контрольованого куска, фіксують теплову картину контрольованого куска, по якій спочатку визначають середню температуру контрольованого куска, а потім визначають масову частку корисного компонента в контрольованому куску по формулі:

$$Q = \frac{(T_U - T_O)c}{U_O c_r - T_U(c_r - c) - T_O c};$$

де:

Q - масова частка корисного компонента в куску ;

T_U - обмірювана стала температура контрольованого куска;

T_O - температура нагрівання порожньої породи;

U_O - температура нагрівання корисного компонента;

c_r - теплоємність корисного компонента;

c - теплоємність порожньої породи;

і перевіряють умову;

$$Q \geq Q_{пор}$$

де: $Q_{пор}$ - граничне значення масової частки корисного компонента в куску;

після чого по отриманому результату здійснюють сепарацію кусків сировини на два потоки: один з потоків складається зі кусків з масовою часткою вмісту корисного компонента менше деякого заданого граничного значення, а інший потік складається зі кусків з масовою часткою вмісту корисного компонента не менше того ж граничного значення.

2. Спосіб термографічної кускової сепарації сировини, що включає поштучну подачу кусків сировини, опромінення їх електромагнітним випромінюванням надвисокої частоти, реєстрацію наведеного випромінювання, визначення наявності корисного компонента, порівняння масової частки корисного компонента в куску з її граничною величиною і по отриманому результату поділ кусків на корисний продукт і порожню породу, який відрізняється тим, що, кожен кусок сировини опромінюють електромагнітним випромінюванням надвисокої частоти, а потім після припинення опромінення, до моменту загасання теплообмінних процесів між компонентами куска, фіксують теплову картину куска, по якій визначають його середню температуру, а потім визначають об'ємний коефіцієнт концентрації корисного компонента в куску по формулі:

$$\nu = \frac{2T_c - \frac{U_o \cdot T_o}{T_c} - 2T_o + U_o}{3(U_o - T_o)} ;$$

де

ν - об'ємний коефіцієнт концентрації корисного компонента;

T_c - виміряна середня температура контрольованого куска;

U_o - температура нагрівання корисного компонента;

T_o - температура нагрівання порожньої породи;

і перевіряють умову

$$\nu > \nu_{\text{нор}} ;$$

де $v_{дон}$ – граничне значення об'ємного коефіцієнта концентрації корисного компонента;

після чого по отриманому результату здійснюють сепарацію кусків сировини на два потоки: один з потоків складається з кусків з вмістом корисного компонента, для якого об'ємний коефіцієнт концентрації корисного компонента менше деякого заданого граничного значення, а інший потік складається з кусків з вмістом корисного компонента, для якого об'ємний коефіцієнт концентрації корисного компонента не менше того ж заданого граничного значення.

3. Спосіб термографічної кускової сепарації сировини, що включає поштучну подачу кусків сировини, опромінення їх електромагнітним випромінюванням надвисокої частоти, реєстрацію наведеного випромінювання, визначення наявності корисного компонента, порівняння масової частки корисного компонента в куску з її граничною величиною і по отриманому результаті поділ кусків на корисний продукт і порожню породу, який відрізняється тим, що, кусок сировини опромінюють електромагнітним випромінюванням надвисокої частоти в перебігу часу, обумовленому по виразу:

$$t_n = \frac{\Delta T c_r \rho_r}{f \pi \epsilon_0 \epsilon_r E_m^2 \operatorname{tg} \delta_r};$$

де:

t_n - час впливу електромагнітного НВЧ випромінювання на контрольований кусок;

ΔT - необхідне підвищення температура нагрівання корисного компонента;

c_r - теплоємність корисного компонента;

ρ_r - густина корисного компонента;

f - частота коливань НВЧ електромагнітного поля;

ε_0 - електрична постійна;

ε_r - відносна діелектрична проникність корисного компонента;

E_m - напруженість електричного поля НВЧ електромагнітного поля;

$\operatorname{tg} \delta_r$ - тангенс діелектричних утрат корисного компонента,

а потім після припинення опромінення, до моменту загасання теплообмінних процесів між компонентами куска, фіксують теплову картину куска, по якій визначають його середню температуру, а потім визначають масову частку корисного компонента в контрольованому куску по формулі:

$$Q = \frac{\rho_r A e}{\rho_r A e - \rho A e_r},$$

де:

$A e = \pi f E_m^2 \varepsilon_0 \varepsilon \operatorname{tg} \delta t_H - \Delta T_C \rho c$ - допоміжний параметр порожньої породи;

$A e_r = \pi f E_m^2 \varepsilon_0 \varepsilon_r \operatorname{tg} \delta_r t_H - \Delta T_C \rho_r c_r$ - допоміжний параметр корисного компонента;

Q - масова частка корисного компонента в контрольованому куску;

ΔT_C - середнє перевищення температури нагрівання контрольованого куска ($^{\circ}K$);

ρ - густина порожньої породи;

ε - відносна діелектрична проникність порожньої породи;

$\operatorname{tg} \delta$ - тангенс діелектричних утрат порожньої породи,

і перевіряється умова:

$$Q > Q_{\text{пор}} ;$$

де:

$Q_{\text{пор}}$ - граничне значення масової частки корисного компонента;

після чого по отриманому результаті здійснюють сепарацію кусків сировини на два потоки: один з потоків складається зі кусків з масовою часткою вмісту корисного компонента менше деякого заданого граничного значення, а інший потік складається зі кусків з масовою часткою вмісту корисного компонента не менше того ж граничного значення.

4. Спосіб термографічної кускової сепарації сировини, що включає поштучну подачу кусків сировини, опромінення їх електромагнітним випромінюванням надвисокої частоти, реєстрацію наведеного випромінювання, визначення наявності корисного компонента, порівняння масової частки корисного компонента в куску з її граничною величиною і по отриманому результаті поділ кусків на корисний продукт і порожню породу, який відрізняється тим, що, кожен кусок сировини опромінюють електромагнітним випромінюванням, частоту якого визначають по формулі:

$$f \leq \frac{1}{\pi \cdot X_m \cdot \sqrt{2\varepsilon_0 \varepsilon_r \mu_0 \mu_r (\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \delta_r} + 1)}},$$

де:

X_m - максимальний лінійний розмір куска;

ε_0 - електрична постійна;

ε_r - відносна діелектрична постійна корисного компонента;

μ_0 - магнітна постійна;

μ_r - відносна магнітна проникність корисного компонента;

$\operatorname{tg} \delta_r$ - тангенс діелектричних утрат корисного компонента,

а час нагрівання визначають по формулі:

$$t_n = \frac{\Delta T c_r \rho_r}{f \pi \varepsilon_0 \varepsilon_r E_m^2 \operatorname{tg} \delta_r},$$

де:

ΔT - необхідне підвищення температури нагрівання корисного компонента;

c_r - питома теплоємність корисного компонента;

ρ_r - густина корисного компонента;

ε_r - відносна електрична проникність корисного компонента;

E_m - напруженість електромагнітного поля,

після чого з моменту припинення впливу електромагнітного поля до моменту загасання теплообмінних процесів між компонентами куска, неодноразово фіксують теплові картини куска, по яких визначають середні температури контрольованого куска, а на підставі отриманих даних складають систему рівнянь

$$\begin{cases} T_0 = X_1 + X_2 t_0 + X_3 t_0^2 + X_4 t_0^3 \\ T_1 = X_1 + X_2 t_1 + X_3 t_1^2 + X_4 t_1^3 \\ T_2 = X_1 + X_2 t_2 + X_3 t_2^2 + X_4 t_2^3 \\ T_3 = X_1 + X_2 t_3 + X_3 t_3^2 + X_4 t_3^3 \end{cases}$$

де:

T_0, T_1, T_2, T_3 – середня температура куска, визначена в моменти часу t_0, t_1, t_2, t_3 ,

і вирішують її відносно X_1, X_2, X_3, X_4 , після чого визначають коефіцієнт об'ємного заповнення корисного компонента по формулі:

$$K_v = \frac{c\rho(X_3 a c_r \rho_r + 3X_2 k_r)}{c\rho(X_3 a c_r \rho_r + 3X_2 k_r) - 3X_2 c_r \rho_r k},$$

де:

C - теплоємність порожньої породи;

ρ - густина порожньої породи;

a - розмір зерна корисного компонента;

k_r - коефіцієнт тепловіддачі корисного компонента;

k - коефіцієнт тепловіддачі порожньої породи,

і перевіряють умову

$$Kv > Kv_{пор}$$

де:

$Kv_{пор}$ - граничне значення коефіцієнта об'ємного заповнення корисного компонента;

а по отриманому результату здійснюють сепарацію кусків сировини на два потоки: один з потоків складається з кусків з вмістом корисного компонента, для якого коефіцієнт об'ємного заповнення корисного компонента менше деякого заданого граничного значення, а інший потік складається з кусків з вмістом корисного компонента, для якого коефіцієнт об'ємного заповнення корисного компонента не менше того ж заданого граничного значення.

5. Спосіб термографічної кускової сепарації сировини, що включає поштучну подачу кусків сировини, опромінення їх електромагнітним випромінюванням надвисокої частоти, реєстрацію наведеного випромінювання, визначення наявності корисного компонента, порівняння масової частки корисного компонента в куску з її граничною величиною і по отриманому результаті поділ кусків на корисний продукт і порожню породу, який відрізняється тим, що, кожен кусок сировини опромінюють електромагнітним випромінюванням надвисокої частоти до нагрівання компонентів куска, а після припинення впливу електромагнітного випромінювання, термографічною системою фіксують температурну картину куска після припинення впливу електромагнітного поля до моменту загасання теплообмінних процесів між компонентами куска, при цьому по

отриманій тепловій картині визначають різницю максимальної і мінімальної температури куска, а по різниці максимальної і мінімальної температури і відомому інтервалу часу від моменту припинення впливу електромагнітного поля надвисокої частоти до моменту реєстрації теплового зображення куска, визначають масову частку корисного компонента в куску, відповідно до формули:

$$Q = \frac{cc_r \ln \left(\frac{U_o - T_o}{\Delta T(t_K)} \right) - \frac{6k_r c t_K}{a \rho_r}}{cc_r \ln \left(\frac{U_o - T_o}{\Delta T(t_K)} \right) + \frac{6(kc_r - k_r c) t_K}{a \rho_r}} ;$$

де:

Q - масова частка корисного компонента в контрольованому куску;

U_o - температура нагрівання корисного компонента;

T_o - температура нагрівання порожньої породи;

ρ_r - густина корисного компонента;

c_r - теплоємність корисного компонента;

c - теплоємність порожньої породи;

k_r - коефіцієнт тепловіддачі корисного компонента;

k - коефіцієнт тепловіддачі порожньої породи;

t_K - інтервалу часу від моменту припинення впливу НВЧ електромагнітного поля до моменту реєстрації теплового зображення;

a - розмір зерна корисного компонента в контрольованому куску;

$\Delta T(t_K)$ - різниця максимальної і мінімальної температури контрольованого куска в момент реєстрації теплового зображення контрольованого куска, і перевіряють умову:

$$Q \geq Q_{пор}$$

де:

$Q_{пор}$ - граничне значення масової частки корисного компонента;

після чого по отриманому результату здійснюють сепарацію кусків сировини на два потоки: один з потоків складається зі кусків з масовою часткою вмісту корисного компонента менше деякого заданого граничного значення, а інший потік складається зі кусків з масовою часткою вмісту корисного компонента не менше того ж граничного значення.


6. Пристрій термографічної кускової сепарації сировини, що містить пристрій дозованої подачі кусків сировини, що складається з прийомного бункера, живильника з електроприводом, конвеєр з електроприводом, установку електромагнітного випромінювання надвисокої частоти із системою керування, датчики наведеного випромінювання й обчислювальний пристрій із вхідним інтерфейсом, який відрізняється тим, що, пристрій додатково містить камеру нагрівання енергією електромагнітного поля надвисокої частоти, приєднану до установки випромінювання електромагнітного поля надвисокої частоти, термографічну систему обробки сигналів термодатчиків наведеного теплового випромінювання, систему керування електроприводом живильника, валковий розкладник, систему керування електроприводом конвеєра, світловий вузьконаправлений випромінювач і фотоприймач, датчик положення, причому вихід термографічної системи з'єднаний з першим входом вхідного інтерфейсу, вихід якого з'єднаний через обчислювальний пристрій із входом вихідного інтерфейсу, а другий вихід вихідного інтерфейсу з'єднаний із системою керування електропривода живильника, третій вихід вихідного інтерфейсу з'єднаний через систему керування установкою надвисокої частоти з її входом, четвертий вихід вихідного інтерфейсу, з'єднаний із системою керування електропривода конвеєра, на валу якого встановлений датчик положення, з'єднаний із другим входом вхідного інтерфейсу, при


цьому перший вихід вихідного інтерфейсу через пристрій порівняння, блок тимчасової затримки і формувач імпульсів керування зв'язаний з електропневмоклапаном, установленим так, щоб мати можливість взаємодіяти з розділовим пристроєм подачі в приймач кусків сировини з вмістом корисного компонента менш граничного значення і приймач кусків сировини з вмістом корисного компонента не менш граничного значення.

7. Пристрій термографічної кускової сепарації сировини, що містить пристрій дозованої подачі кусків, що складається з прийомного бункера, шнекового живильника з електроприводом, конвеєр з електроприводом, установку електромагнітного випромінювання надвисокої частоти із системою її керування, датчики наведеного випромінювання, обчислювальний пристрій із входним інтерфейсом, який відрізняється тим, що, пристрій додатково містить камеру нагрівання енергією надвисокої частоти, приєднану через елемент введення енергії надвисокої частоти до установки випромінювання енергії надвисокої частоти, причому в камері нагрівання енергією надвисокої частоти розміщений валковий розкладник, що складається з валків з термостійкого діелектрика, між якими розташовані елементи гребінки, що сповільнює, із кроком рівним $1/4$ довжини хвилі електромагнітного випромінювання надвисокої частоти, а вузол вивантаження камери нагрівання енергією надвисокої частоти постачений уловлювачем енергії надвисокої частоти з чвертьхвильовими відбивними елементами, крім того пристрій містить термографічну систему обробки сигналів, систему керування електроприводом шнекового живильника, систему керування електроприводом конвеєра, світловий вузьконаправлений випромінювач і фотоприймач, а так само датчик положення, при цьому вихід термографічної системи з'єднаний з першим входом входного інтерфейсу, вихід якого з'єднаний через обчислювальний пристрій із входом вихідного інтерфейсу, другий вихід вихідного інтерфейсу з'єднаний із системою

керування електроприводом шнекового живильника, третій вихід вихідного інтерфейсу з'єднаний через систему керування установкою випромінювання енергії надвисокої частоти з її входом, четвертий вихід вихідного інтерфейсу з'єднаний із системою керування електропривода конвеєра, на валу якого встановлений датчик положення, з'єднаний із другим входом вхідного інтерфейсу, при цьому перший вихід вихідного інтерфейсу через пристрій порівняння, блок тимчасової затримки і формувач імпульсів керування, зв'язаний з електропневмоклапаном, установленим так, щоб мати можливість взаємодіяти з розділовим пристроєм подачі в приймач кусків сировини з вмістом корисного компонента менш граничного значення і приймач кусків сировини з вмістом корисного компонента не менш граничного значення.

Заявники:

 В. М. Волошин

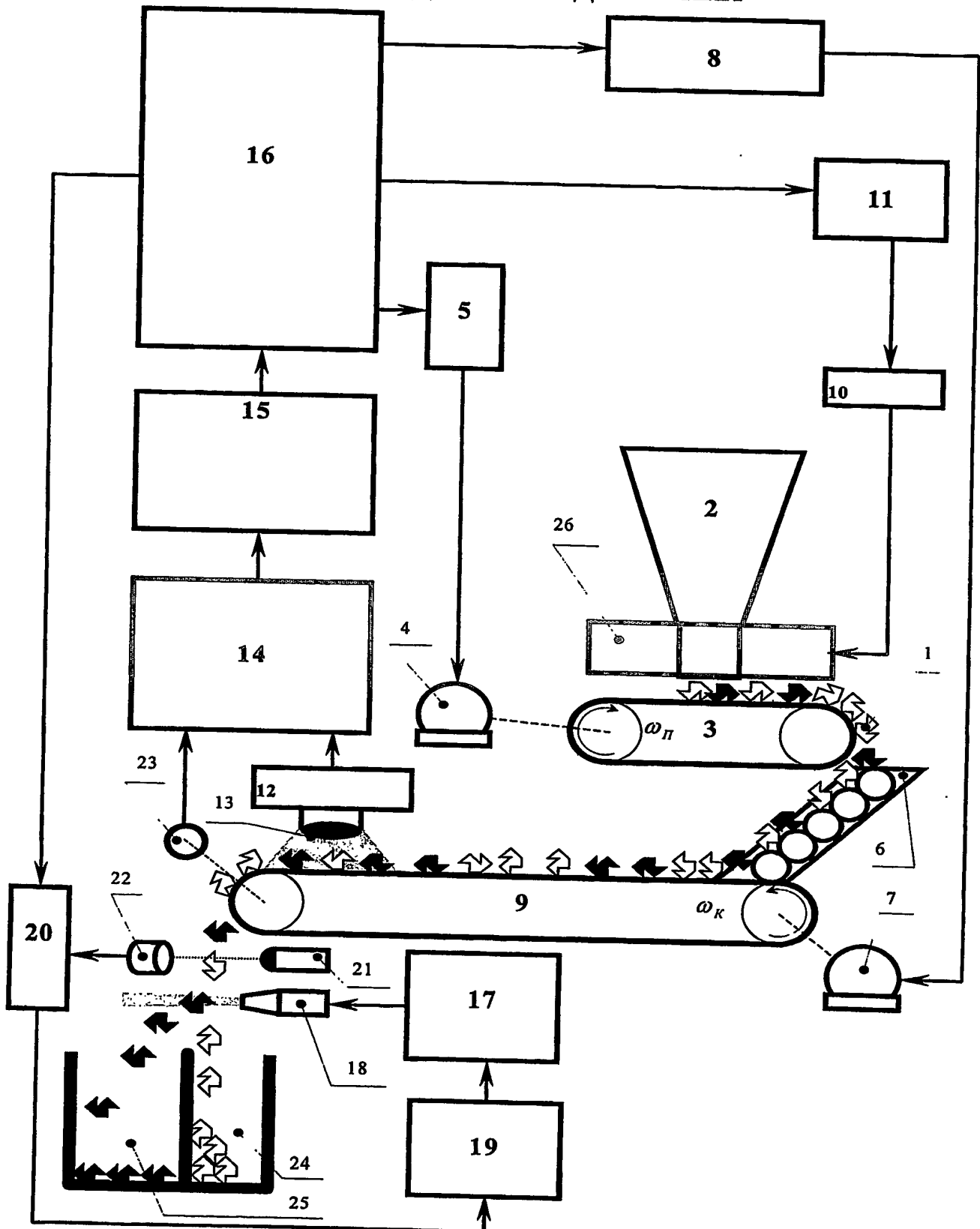
 В. Ю. Зубкевич

B **B**



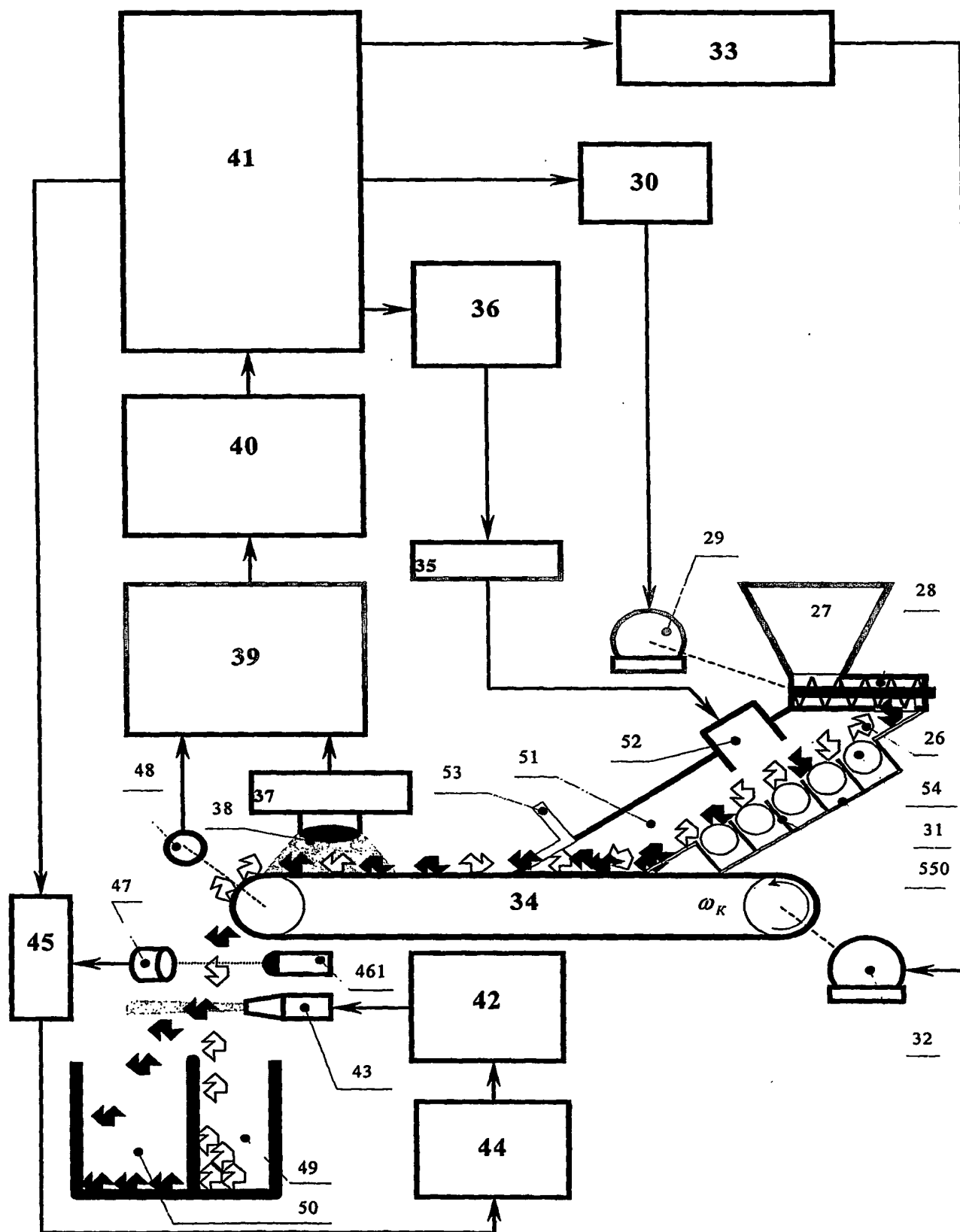
Fig. 1

СПОСІБ ТЕРМОГРАФІЧНОЇ КУСКОВОЇ СЕПАРАЦІЇ СИРОВИНИ І
ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЙОГО ЗДІЙСНЕННЯ



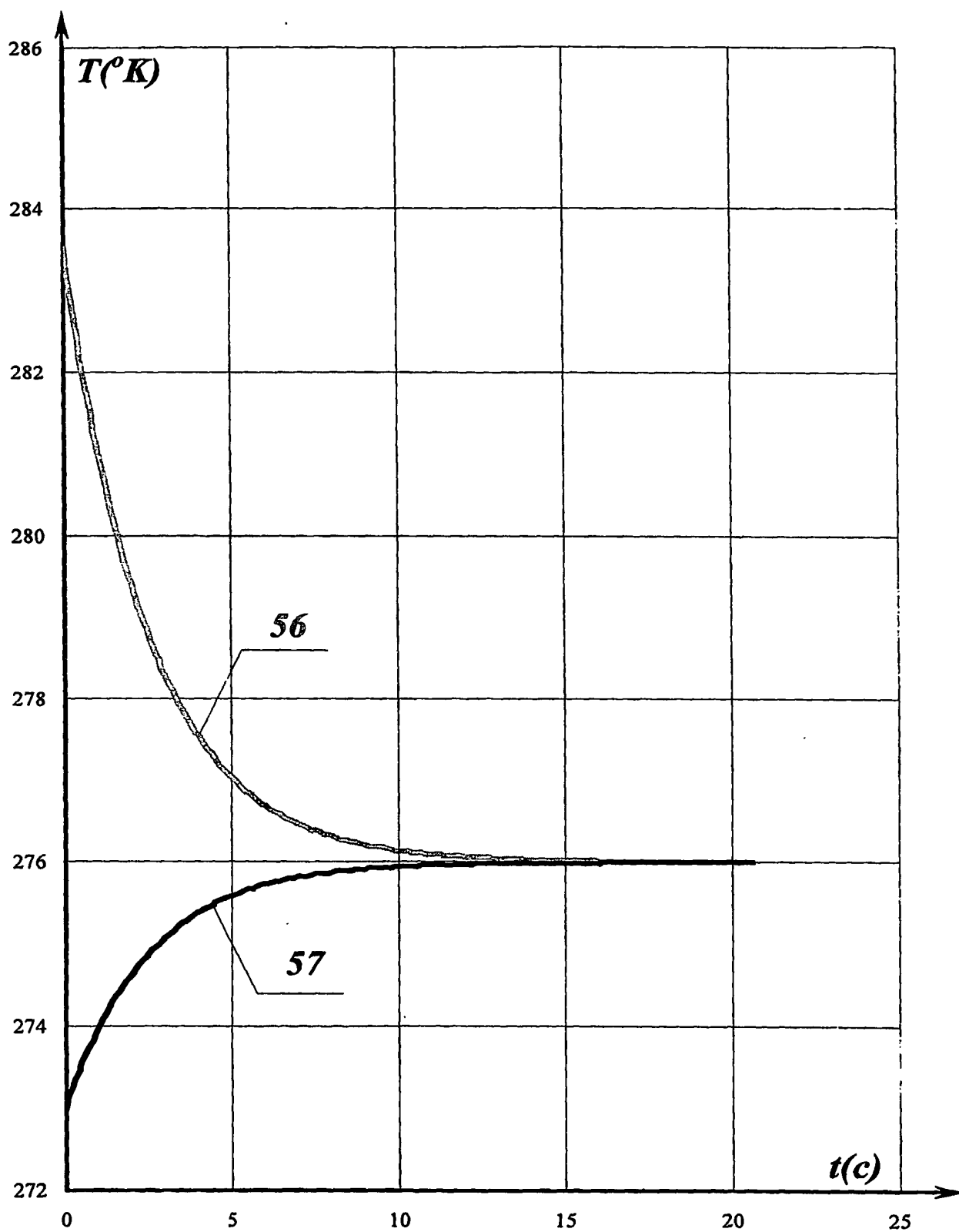
Фиг. 2

СПОСІБ ТЕРМОГРАФІЧНОЇ КУСКОВОЇ СЕПАРАЦІЇ СИРОВИНИ І
ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЙОГО ЗДІЙСНЕННЯ



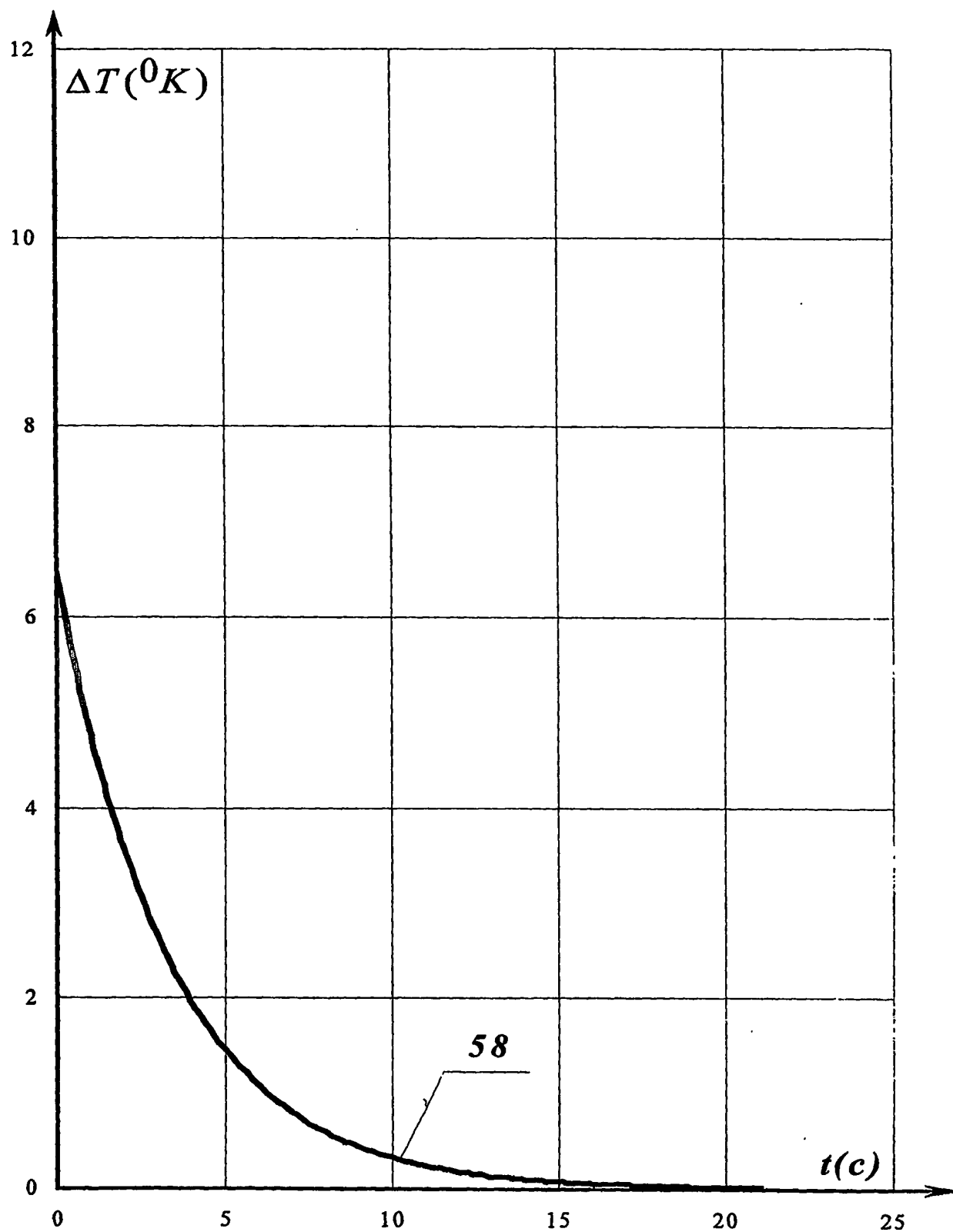
Фиг. 3

СПОСІБ ТЕРМОГРАФІЧНОЇ КУСКОВОЇ СЕПАРАЦІЇ СИРОВИНИ І
ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЙОГО ЗДІЙСНЕННЯ



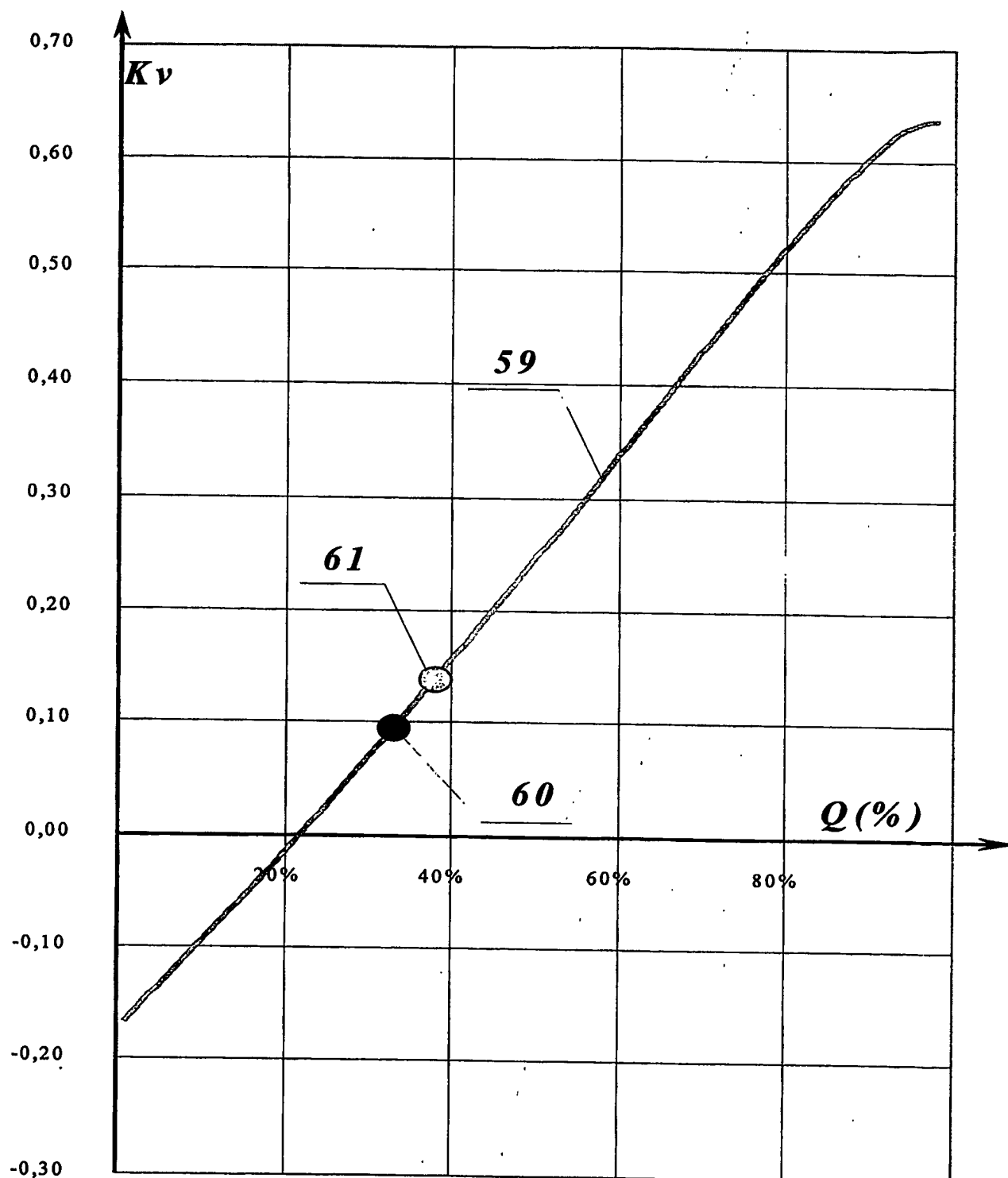
Фіг.4

СПОСІБ ТЕРМОГРАФІЧНОЇ КУСКОВОЇ СЕПАРАЦІЇ СИРОВИНИ І
ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЙОГО ЗДІЙСНЕННЯ



Фиг. 5

СПОСІБ ТЕРМОГРАФІЧНОЇ КУСКОВОЇ СЕПАРАЦІЇ СИРОВИНИ І
ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЙОГО ЗДІЙСНЕННЯ



Фиг. 6

РЕФЕРАТ

СПОСІБ ТЕРМОГРАФІЧНОЇ КУСКОВОЇ СЕПАРАЦІЇ СИРОВИНИ (ВАРІАНТИ) І ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЙОГО ЗДІЙСНЕННЯ (ВАРІАНТИ)

Взаємозалежна група винаходів відноситься до способів і пристроїв кускової сепарації сировини і може бути використана для збагачення руд чорних і кольорових металів, гірничо-хімічної сировини, вторинної сировини і техногенних відходів.

Спосіб і пристрій засновані на тім, що кусок містить корисний компонент і порожню породу, піддають опроміненню електромагнітним полем надвисокої частоти (НВЧ). Частота випромінювання вибирається таким чином, щоб глибина проникнення електромагнітної хвилі була більше, ніж максимальний лінійний розмір куска при максимальному загасанні електромагнітної хвилі, яка залежить від властивостей матеріалу куска. Енергія НВЧ електромагнітного випромінювання, поглинена матеріалом куска, викликає нагрівання компонентів куска. При цьому компонент, що має більш високу електропровідність, за той самий проміжок часу буде поглинати енергію НВЧ більше, ніж компонент із більш низькою електропровідністю. У результаті температура нагрівання корисного компонента і порожньої породи, по закінченню НВЧ опромінення, буде різною. Характер зміни температури куска буде залежати від масового співвідношення в куску компонентів з різними властивостями і реєструється термографічною системою.

Реалізація винаходу дозволяє забезпечити при однакових умовах і навантаженнях збільшення вмісту корисного компонента з 6% - 10% до 18% - 25%, приріст масової частки корисного компонента на 4,5% при зменшенні вмісту корисного компонента в «хвостах» до 3%, знизити загальні витрати електроенергії на 5% за рахунок зниження засмічення сировини в процесі її збагачення. 7 н. п. ф-ли, 6 іл.

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.